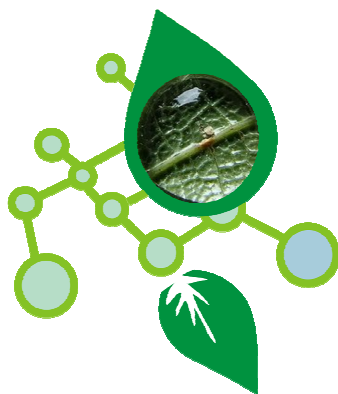




**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS
NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
RECURSOS NATURAIS**



**Análises multiobjetivo, baseada
em programação linear, e
comparativas para agriculturas
de manejo convencional e
orgânico**

TESE DE DOUTORADO

VLADIMIR COSTA DE ALENCAR

Campina Grande – PB

Novembro de 2009

VLADIMIR COSTA DE ALENCAR

Análises multiobjetivo, baseada em programação linear, e comparativas para agriculturas de manejo convencional e orgânico

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Recursos Naturais.

Orientador: Prof^o Wilson Fadlo Curi

Co-orientador: Prof^o Carlos de Oliveira Galvão

Campina Grande – PB

Novembro de 2009

*“Às vezes, vencer é saber esperar...”
(Dalai Lama)*

*“O maior erro na vida é ter medo de errar.”
(autor desconhecido)*

*A verdadeira medida de um homem, não é como ele se comporta em momentos de conforto e conveniência, mas como ele se mantém em tempos de controvérsia e desafios.
(Martin Luther King Jr.)*

*" A vida é muito bela para ser insignificante..."
(Charles Chaplin)*

*“Existe um herói
Se você olhar dentro de seu coração
Não precisa ter medo do que você é
Existe uma resposta,
Se você procurar dentro de sua alma
E a tristeza que você conhece
Irá desaparecer
E então um Herói surgirá
Com a força para prosseguir
E você deixará seus medos de lado
E sabe que pode sobreviver...”
(Mariah Carey)*

*“Se voce acha caro a busca pela sabedoria,
experiemente pagar o preço da ignorância”
(Benjamin Franklyn)*

*“Aprender é a única coisa da qual a mente nunca se cansa,
nunca tem medo e nunca se arrepende.”
(Leonardo da Vinci)*

*"A alegria que se tem em pensar e aprender
faz-nos pensar e aprender ainda mais."
(Aristóteles)*

*“ A vida não dá nem empresta;
Não se comove nem se apieda.
Tudo quanto ela faz é
Retribuir e transferir aquilo que nós lhe oferecemos”
(Albert Einstein)*

*"As pessoas só observam as cores do dia no começo e no fim,
mas, para mim, está muito claro que o dia se funde através de
uma multidão de matizes e entonações, a cada momento que passa.
Uma só hora pode consistir em milhares de cores diferentes,
Amarelos céreos, azuis borrifados de nuvens. Escuridões enevoadas.
No meu ramo de atividade, faço questão de notá-los"
(Markus Zusak, em "A menina que roubava livros")*

“Todo homem é arquiteto de seu destino” (Oscar Wilde)

*“O homem vive da razão e sobrevive dos sonhos”.
(Miguel de Unamuno)*

À meu avô materno Manuel Félix da Costa (in memorian), um sábio agricultor; à meu avô paterno Arnaldo Alencar (in memorian), um grande estudioso; à meus pais (Ivan e Salete); à minha filha Marina; à meus irmãos Ivna, Iana e Vinícius; meus cunhados (Felipe e Larissa); meus sobrinhos (Jorge, Dudu, Vivinha, Rafinha e Manuela).

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À DEUS, pelo dom da vida.

Aos meus pais (Ivan e Salete), minha filha Marina, meus irmãos (Vinícius, Iana e Ivna), sobrinhos (Rafinha, Jorge, Dudu, Vivinha e Manuela), cunhados (irmã Larissa e Felipe) e Rosinha (prima). Obrigado à todos da minha grande família pelo apoio incondicional e necessário nesta etapa tão importante da minha vida.

A toda família Félix da Costa e Alencar. A minha avó paterna Filó (*in memoriam*) pelas suas histórias bem humoradas e lições de vida, à minha vó materna Ritinha (*in memoriam*), pelo seu equilíbrio, garra e vaidade.

Ao meu orientador Prof. Wilson Fadlo Curi, por me ensinar a tornar possível coisas aparentemente impossíveis. Um grande pesquisador e ser humano.

Ao colega de doutorado Valterlin Santos, que juntamente com Allan, tiveram uma participação essencial e importante, me ajudando e modificando a parte do software do modelo que utilizei.

Ao professor Pedro Vieira, um verdadeiro “pai acadêmico” por sua postura profissional e ética. Ao professor Zé Dantas, grande figura humana, que juntamente com o Prof. Pedro sugeriram o tema da agricultura orgânica.

Aos professores Soahd Rached e Prof. Jórgeeson pelo grande apoio na coleta de dados e orientações na área agrícola.

Ao prof. José Geraldo Santos (EMATER/UEPB) pela sua grande contribuição na metodologia da tese.

Ao meu co-orientador Carlos Galvão por me iniciar no doutorado e ainda acompanhar-me carinhosamente até o final do meu trabalho.

À professora Ticiane Studart e ao professor Frederico Mauad pela colaboração externa na apreciação da minha tese.

Agradecimento especial a minha grande amiga Lu Capobianco por acompanhar-me passo-a-passo, sempre ao meu lado.

Agradecimento especial ao meu médico e amigo Dr. Fernando Queiroga que participou de todas as fases do meu doutorado. Valeu!!!

A Prof^a Janeide Cavalcanti (UFCEG/Sousa) uma Grande Amiga.

Aos meus amigos que sempre estavam próximos: Gordo Gledson, Ane Cristine, Mota, Glacy, Rejane, Solange (Bobito), Dr. José Airton e o Vêi Luiz.

Ao Dr. Hamurabi Medeiros (Orientador inicial do meu mestrado) e ao Dr. Telmo Araújo (*in memoriam*), dois seres humanos incríveis, meus pais acadêmicos e profissionais.

À todos os técnicos, agricultores e pessoal que me deram apoio na minha coleta de dados e informações sobre agricultura orgânica: Tarciso e Verneck (EMATER-Campina Grande); Genival (EMATER-Boqueirão), Paulo da Mata (secretário de agricultura de Boqueirão), Joselito (Associação dos irrigantes de Boqueirão); Aos donos de propriedades orgânicas: Seu Guimarães (sítio Oiti), Paulo (sítio Utopia), Zé de Sinésio (Assentamento MST-Remígio). Ari (UFCG / Fazenda Tamanduá), Daniel (AS-PTA); a AESA, DNOCS Boqueirão (Jacó), Seu Aguinaldo (coleta de dados), Cláudia (EMBRAPA), LIS-UFCG (lab. solos).

Aos amigos técnicos e especialistas que fiz em Juazeiro-BA e Petrolina-PE, em especial a Sra. Balbina Cavacanti (Presidente dos Agricultores Orgânicos da Região), Rodrigo (CODEVASF), Michelle (USA-New York) e Augusto pelos conhecimentos passados em agricultura orgânica e irrigação.

Aos colegas do doutorado: Gil, Djane, Girlene, Marle e Girlene.

Aos colegas professores da minha instituição de origem (UEPB) Eduardo Veloso, Aroldo, Fernando Luís, Otacílio, Núbia e Aldo Maciel que me liberaram para fazer o doutorado.

Ao pessoal do grupo de escalada, a turma do Rapel Grupo Garra e ao Clube de montanhismo, pelas noites de quarta e nas tardes de sábado radicais. Valeu turma!!!

À algumas pessoas especiais, que deram contribuições no meu doutorado: Tânia, Patrícia, Christianne, Luzy, Vanuza, Adriana, Ceci, Jú, Lília, Laura, Marisa, Mariah e Marina.

Agradecimento especial ao Dr. Lúcio, Dr. Fábio, Dra. Mércia, Dra. Marília e Dra. Dani por tratarem do meu joelho e da minha apnéia do sono.

Aos funcionários da UFCG e ao pessoal do Laboratório de Hidráulica I e II: Maríla, Rodolfo, Valdol, Renato, Aurezinha, Vera, Ana Claudia, Renato, Iana...

À tia Céu e tia Lurdinha, por me ensinaram a ler. E aos professores Alexandre e Félix, que me colocaram no mundo da tecnologia através da matemática.

À todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para o meu doutorado.

SUMÁRIO

| | |
|--|------------|
| LISTA DE FIGURAS | I |
| LISTA DE GRÁFICOS | II |
| LISTA DE FOTOS | VI |
| LISTA DE TABELAS | VII |
| RESUMO | XI |
| ABSTRACT | XII |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Problematização da agricultura no mundo | 1 |
| 1.2 O uso de tecnologias para otimização da produção de alimentos | 2 |
| 1.3 Necessidade de produzir um alimento limpo | 4 |
| 1.4 A agricultura orgânica como alternativa | 5 |
| 1.5 Objetivo da Tese | 6 |
| 1.5.1 <i>Objetivo Geral</i> | 6 |
| 1.5.2 <i>Objetivos Específicos</i> | 6 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DE LITERATURA | 7 |
| 2.1 A gestão ambiental e os recursos naturais..... | 8 |
| 2.2 A gestão ambiental e os agrotóxicos e adubos químicos na agricultura..... | 9 |
| 2.2.1 <i>A origem dos agrotóxicos e adubos químicos</i> | 9 |
| 2.2.2 <i>Definição e classificação</i> | 10 |
| 2.2.3 <i>Os perigos dos agrotóxicos e adubos químicos na saúde humana</i> | 12 |
| 2.2.4 <i>Os perigos dos agrotóxicos e adubos químicos no meio ambiente</i> | 19 |
| 2.2.5 <i>O Brasil e o uso de agrotóxicos</i> | 22 |
| 2.3 A gestão ambiental e a irrigação | 24 |
| 2.4 Programação Linear (PL)..... | 26 |
| 2.5 Otimização Multiobjetivo | 28 |
| 2.5.1 <i>O método da ponderação</i> | 30 |
| 2.6 Sistemas de Apoio à Decisão – SAD | 30 |
| 3. A AGRICULTURA ORGÂNICA | 37 |
| 3.1 Introdução | 37 |
| 3.2 Breve Histórico..... | 38 |
| 3.3 O mercado dos produtos orgânicos no mundo..... | 40 |
| 3.4 O Brasil no contexto mundial | 41 |
| 3.5 Principais avanços tecnológicos | 42 |
| 3.6 Organização da propriedade | 44 |
| 3.6.1 <i>Planejando um sistema orgânico de produção</i> | 45 |
| 3.6.2 <i>Cordões de contorno</i> | 46 |
| 3.6.3 <i>Áreas de refúgio</i> | 46 |
| 3.6.4 <i>Áreas de pousio</i> | 47 |
| 3.7 Manejo do solo..... | 47 |
| 3.8 Adubação Orgânica | 49 |
| 3.9 Manejo de pragas e doenças..... | 52 |
| 3.10 Certificação orgânica | 54 |
| 3.10.1 <i>Padrões da agricultura orgânica</i> | 55 |
| 3.10.2 <i>Padrões do IFOAM</i> | 56 |
| 3.10.3 <i>Codex Alimentarius</i> | 57 |
| 3.10.4 <i>Certificação de produtos orgânicos no Brasil</i> | 58 |
| 3.11 A agricultura convencional | 59 |
| 3.12 Agricultura orgânica versus a agricultura convencional | 60 |
| 3.13 Algumas propriedades com manejos orgânicos..... | 62 |
| 3.13.1 <i>Propriedade 1: Sítio Utopia</i> | 62 |
| 3.13.2 <i>Propriedade 2: Assentamentos MST em Remígio – Paraíba</i> | 64 |

| | |
|---|------------|
| 3.13.3 Propriedade 3: Sítio Oiti | 66 |
| 3.13.4 Propriedade 4: Fazenda Tamanduá..... | 69 |
| 4. METODOLOGIA | 75 |
| 4.1 Etapa 1: Escolha da região de estudo e das culturas | 76 |
| 4.1.1 Introdução | 76 |
| 4.1.2 O Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) | 78 |
| 4.1.3 Características hidrológicas (DNOCS, 2007; DNOCS, 1963) | 78 |
| 4.1.4 Geologia e geotecnia | 79 |
| 4.1.5 Barragens principal e auxiliar..... | 79 |
| 4.1.6 Vertedouro | 80 |
| 4.1.7 Túnel adutor, casa de força, adutora | 80 |
| 4.1.8 Características Técnicas..... | 81 |
| 4.1.9 Caracterização do município de Boqueirão | 83 |
| 4.1.9.1 Localização e Acesso..... | 83 |
| 4.1.9.2 Aspectos Socioeconômicos..... | 84 |
| 4.1.9.3 Aspectos Fisiográficos..... | 85 |
| 4.1.9.4 Climatologia..... | 85 |
| 4.1.9.5 Dados hidroclimatológicos..... | 86 |
| 4.1.10 As áreas irrigadas de Boqueirão..... | 87 |
| 4.1.10.1 Descrição..... | 87 |
| 4.1.10.2 As áreas irrigadas de Boqueirão e os agrotóxicos e adubos químicos | 89 |
| 4.2 Etapa 2 – Elaboração de planilhas quantitativas..... | 91 |
| 4.2.1 Coleta de Solo | 91 |
| 4.2.2 Cálculo de adubação orgânica | 94 |
| 4.2.2.1 Método Adotado pela EMBRAPA, adaptado por Santos e Santos (2008)..... | 94 |
| 4.2.3 Recomendações da adubação orgânica para as culturas das áreas irrigadas de Boqueirão | 97 |
| 4.2.3.1 Tomate orgânico..... | 97 |
| 4.2.3.1.1 Procedimento recomendado pela EMBRAPA, adaptado por Santos e Santos (2008): | 97 |
| 4.2.3.1.2 Inseticida Natural..... | 99 |
| 4.2.3.1.3 Fungicida Natural..... | 99 |
| 4.2.3.1.4 Exemplo de Planilha de uma cultura orgânica..... | 99 |
| 4.2.4 Resumo das planilhas orgânicas..... | 101 |
| 4.2.5 Cálculo de adubação convencional (adubação NPK):..... | 101 |
| 4.2.6 Recomendações da adubação convencional (NPK) para as culturas das áreas irrigadas de Boqueirão..... | 101 |
| 4.2.6.1 Tomate convencional..... | 101 |
| 4.2.6.1.1 Procedimento recomendado pela EMBRAPA (BNB, 2008a ; Santos e Santos, 2008): | 102 |
| 4.2.6.1.2 Exemplo de planilha de cultura convencional (adubação NPK) | 103 |
| 4.2.7 Resumo das planilhas convencionais (utilizando adubação NPK) | 105 |
| 4.3 Etapa 3 – Compilação dos dados e uso do Modelo | 107 |
| 4.3.1 Modelo de otimização multiobjetivo..... | 107 |
| 4.3.1.1 Funções objetivo..... | 108 |
| 4.3.1.2 Equações de restrições | 116 |
| 4.3.1.3 Implementação do modelo de otimização multiobjetivo..... | 121 |
| 4.3.2 Indicadores de Eficiência e Sustentabilidade..... | 125 |
| 4.3.2.1 Indicadores de Sustentabilidade..... | 126 |
| 4.3.2.2 Indicadores de Eficiência Associados aos Reservatórios..... | 128 |
| 4.3.2.3 Indicadores de Desempenho das Áreas Irrigadas..... | 131 |
| 5.DADOS DE ENTRADA DO MODELO | 133 |
| 5.1 Precipitação | 133 |
| 5.2 Evaporação | 133 |
| 5.3 Afluências..... | 134 |
| 5.3.1 Abastecimento urbano..... | 134 |
| 5.3.2 Irrigação..... | 134 |
| 5.4 Preço da água..... | 134 |
| 5.5 Preço da energia elétrica | 134 |
| 5.6 Dados Estruturais..... | 135 |
| 5.6.1 Volume máximo do reservatório..... | 135 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 5.6.2 | <i>Volume mínimo do reservatório</i> | 135 |
| 5.6.3 | <i>Vazão extravasada máxima</i> | 135 |
| 5.6.4 | <i>Vazão regularizada mínima mensal</i> | 135 |
| 5.6.5 | <i>Cota x Área x Volume</i> | 135 |
| 5.7 | Dados das culturas e áreas cultiváveis | 137 |
| 5.7.1 | <i>Plano Cultural</i> | 137 |
| 5.7.2 | <i>Coeficientes de cultivo</i> | 138 |
| 5.7.3 | <i>Preço médio unitário de venda</i> | 138 |
| 5.7.4 | <i>Produtividade</i> | 140 |
| 5.7.5 | <i>Mão-de-obra</i> | 141 |
| 5.7.6 | <i>Custo de Produção</i> | 142 |
| 5.7.7 | <i>Áreas das Culturas</i> | 142 |
| 5.7.8 | <i>Dados do sistema de irrigação aplicado as culturas</i> | 142 |
| 6. | METODOLOGIA APLICADA AO ESTUDO DOS CENÁRIOS | 143 |
| 6.1 | Introdução | 143 |
| 6.2 | Descrição dos Cenários | 144 |
| 6.2.1 | <i>Situação 1 – Manejo convencional</i> | 144 |
| 6.2.2 | <i>Situação 2 – Manejo orgânico</i> | 145 |
| 6.2.3 | <i>Situação 3 – Manejo convencional e orgânico simultâneos</i> | 146 |
| 7. | RESULTADOS E ANÁLISES | 149 |
| 7.1 | Resultados e análises da situação 1 - manejo convencional | 149 |
| 7.1.1 | <i>O comportamento do reservatório</i> | 149 |
| 7.1.2 | <i>O Cenário C1 – agricultura convencional</i> | 151 |
| 7.1.2.1 | Índices de eficiência do reservatório para o cenário C1 | 152 |
| 7.1.2.2 | A agricultura irrigada no cenário C1 | 153 |
| 7.1.2.3 | Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C1 | 157 |
| 7.1.3 | <i>O Cenário C2 – agricultura convencional</i> | 158 |
| 7.1.3.1 | Índices de eficiência do reservatório para o cenário C2 | 158 |
| 7.1.3.2 | A agricultura irrigada no cenário C2 | 158 |
| 7.1.3.3 | Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C2 | 163 |
| 7.1.4 | <i>O Cenário C3 – agricultura convencional</i> | 163 |
| 7.1.4.1 | Índices de eficiência do reservatório para o cenário C3 | 163 |
| 7.1.4.2 | A agricultura irrigada no cenário C3 | 164 |
| 7.1.4.3 | Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C3 | 168 |
| 7.1.5 | <i>O Cenário C4 – agricultura convencional</i> | 168 |
| 7.1.5.1 | Índices de eficiência do reservatório para o cenário C4 | 169 |
| 7.1.5.2 | A agricultura irrigada no cenário C4 | 169 |
| 7.1.5.3 | Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C4 | 173 |
| 7.1.6 | <i>O Cenário C5 – agricultura convencional</i> | 174 |
| 7.1.6.1 | Índices de eficiência do reservatório para o cenário C5 | 174 |
| 7.1.6.2 | A agricultura irrigada no cenário C5 | 175 |
| 7.1.6.3 | Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C5 | 179 |
| 7.1.7 | <i>O Cenário C6 – agricultura convencional</i> | 179 |
| 7.1.7.1 | Índices de eficiência do reservatório para o cenário C6 | 179 |
| 7.1.7.2 | A agricultura irrigada no cenário C6 | 180 |
| 7.1.7.3 | Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C6 | 183 |
| 7.1.8 | <i>O Cenário C7 – agricultura convencional</i> | 184 |
| 7.1.8.1 | Índices de eficiência do reservatório para o cenário C7 | 184 |
| 7.1.8.2 | A agricultura irrigada no cenário C7 | 185 |
| 7.1.8.3 | Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C7 | 189 |
| 7.1.9 | <i>Resumo dos cenários da agricultura convencional</i> | 190 |
| 7.2 | Resultados e análises da situação 2 - manejo orgânico | 191 |
| 7.2.1 | <i>O comportamento do reservatório</i> | 191 |
| 7.2.2 | <i>HIPÓTESE 1: Incremento de 0% de mão-de-obra (igual a convencional) para os cenários C1, C2, C3, C4 e C5.</i> | 193 |
| 7.2.2.1 | <i>O Cenário C1H1 – agricultura orgânica</i> | 193 |
| 7.2.2.1.1 | Índices de eficiência do reservatório para o cenário C1H1 | 193 |
| 7.2.2.1.2 | A agricultura irrigada no cenário C1H1 | 194 |
| 7.2.2.1.3 | Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C1H1 | 198 |
| 7.2.2.2 | <i>O Cenário C2H1 – agricultura orgânica</i> | 199 |
| 7.2.2.2.1 | Índices de eficiência do reservatório para o cenário C2H1 | 199 |

| | |
|--|-----|
| 7.2.2.2.2 A agricultura irrigada no cenário C2H1..... | 199 |
| 7.2.2.2.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C2H1..... | 203 |
| 7.2.2.3 O Cenário C3H1 – agricultura orgânica | 204 |
| 7.2.2.3.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C3H1..... | 204 |
| 7.2.2.3.2 A agricultura irrigada no cenário C3H1..... | 204 |
| 7.2.2.3.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C3H1..... | 208 |
| 7.2.2.4 O Cenário C4H1 – agricultura orgânica | 208 |
| 7.2.2.4.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C4H1..... | 208 |
| 7.2.2.4.2 A agricultura irrigada no cenário C4H1..... | 209 |
| 7.2.2.4.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C4H1..... | 212 |
| 7.2.2.5 O Cenário C5H1 – agricultura orgânica | 213 |
| 7.2.2.5.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C5H1..... | 213 |
| 7.2.2.5.2 A agricultura irrigada no cenário C5H1..... | 213 |
| 7.2.2.5.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C5H1..... | 217 |
| 7.2.2.6 <i>Resumo dos cenários da agricultura orgânica (incremento de 0% de mão-de-obra)</i> | 218 |
| 7.2.3 HIPÓTESE 2 - O incremento de 20% de mão-de-obra em relação ao manejo convencional para os cenários C1, C2, C3, C4 e C5..... | 219 |
| 7.2.3.1 O Cenário C1H2 – agricultura orgânica | 219 |
| 7.2.3.1.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C1H2..... | 219 |
| 7.2.3.1.2 A agricultura irrigada no cenário C1H2..... | 220 |
| 7.2.3.1.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C1H2..... | 223 |
| 7.2.3.2 O Cenário C2H2 – agricultura orgânica | 223 |
| 7.2.3.2.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C2H2..... | 223 |
| 7.2.3.2.2 A agricultura irrigada no cenário C2H2..... | 224 |
| 7.2.3.2.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C2H2..... | 227 |
| 7.2.3.3 O Cenário C3H2 – agricultura orgânica | 228 |
| 7.2.3.3.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C3H2..... | 228 |
| 7.2.3.3.2 A agricultura irrigada no cenário C3H2..... | 228 |
| 7.2.3.3.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C3H2..... | 232 |
| 7.2.3.4 O Cenário C4H2 – agricultura orgânica | 233 |
| 7.2.3.4.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C4H2..... | 233 |
| 7.2.3.4.2 A agricultura irrigada no cenário C4H2..... | 233 |
| 7.2.3.4.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C4H2..... | 237 |
| 7.2.3.5 O Cenário C5H2 – agricultura orgânica | 238 |
| 7.2.3.5.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C5H2..... | 238 |
| 7.2.3.5.2 A agricultura irrigada no cenário C5H2..... | 238 |
| 7.2.3.5.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C5H2..... | 242 |
| 7.2.3.6 <i>Resumo dos cenários da agricultura orgânica (incremento de 20% de mão-de-obra)</i> | 243 |
| 7.3 Resultados e análises da situação 3 – proposta integrada do manejo convencional e manejo orgânico simultâneo (mix de culturas) | 244 |
| 7.3.1 O comportamento do reservatório..... | 244 |
| 7.3.2 HIPÓTESE 1: Incremento de 0% de mão-de-obra (igual a convencional) para os cenários C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7 no mix de culturas. | 246 |
| 7.3.2.1 O Cenário C1H1 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas) | 246 |
| 7.3.2.1.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C1H1..... | 246 |
| 7.3.2.1.2 A agricultura irrigada no cenário C1H1..... | 247 |
| 7.3.2.1.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C1H1..... | 252 |
| 7.3.2.2 O Cenário C2H1 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas) | 252 |
| 7.3.2.2.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C2H1..... | 252 |
| 7.3.2.2.2 A agricultura irrigada no cenário C2H1..... | 253 |
| 7.3.2.2.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C2H1..... | 258 |
| 7.3.2.3 O Cenário C3H1 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas) | 258 |
| 7.3.2.3.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C3H1..... | 258 |
| 7.3.2.3.2 A agricultura irrigada no cenário C3H1..... | 259 |
| 7.3.2.3.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C3H1..... | 263 |
| 7.3.2.4 O Cenário C4H1 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas) | 264 |
| 7.3.2.4.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C4H1..... | 264 |
| 7.3.2.4.2 A agricultura irrigada no cenário C4H1..... | 264 |

| | |
|---|------------|
| 7.3.2.4.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C4H1..... | 269 |
| 7.3.2.5 <i>O Cenário C5H1 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)</i> | 269 |
| 7.3.2.5.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C5H1..... | 269 |
| 7.3.2.5.2 A agricultura irrigada no cenário C5H1 | 270 |
| 7.3.2.5.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C5H1..... | 275 |
| 7.3.2.6 <i>O Cenário C6H1 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)</i> | 275 |
| 7.3.2.6.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C6H1..... | 275 |
| 7.3.2.6.2 A agricultura irrigada no cenário C6H1 | 276 |
| 7.3.2.6.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C6H1..... | 281 |
| 7.3.2.7 <i>O Cenário C7H1 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)</i> | 281 |
| 7.3.2.7.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C7H1..... | 281 |
| 7.3.2.7.2 A agricultura irrigada no cenário C7H1 | 282 |
| 7.3.2.7.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C7H1..... | 287 |
| 7.3.2.8 <i>Resumo dos cenários da proposta integrada do manejo convencional e manejo orgânico simultâneo (mix de culturas)</i> | 288 |
| 7.3.3 <i>HIPÓTESE 2: Incremento de 20% de mão-de-obra (igual a convencional) para os cenários C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7 no mix de culturas.</i> | 290 |
| 7.3.3.1 <i>O Cenário C1H2 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)</i> | 290 |
| 7.3.3.1.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C1H2..... | 290 |
| 7.3.3.1.2 A agricultura irrigada no cenário C1H2..... | 291 |
| 7.3.3.1.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C1H2..... | 296 |
| 7.3.3.2 <i>O Cenário C2H2 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)</i> | 296 |
| 7.3.3.2.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C2H2..... | 296 |
| 7.3.3.2.2 A agricultura irrigada no cenário C2H2..... | 297 |
| 7.3.3.2.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C2H2..... | 302 |
| 7.3.3.3 <i>O Cenário C3H2 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)</i> | 303 |
| 7.3.3.3.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C3H2..... | 303 |
| 7.3.3.3.2 A agricultura irrigada no cenário C3H2..... | 303 |
| 7.3.3.3.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C3H2..... | 309 |
| 7.3.3.4 <i>O Cenário C4H2 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)</i> | 309 |
| 7.3.3.4.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C4H2..... | 309 |
| 7.3.3.4.2 A agricultura irrigada no cenário C4H2..... | 310 |
| 7.3.3.4.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C4H2..... | 315 |
| 7.3.3.5 <i>O Cenário C5H2 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)</i> | 315 |
| 7.3.3.5.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C5H2..... | 315 |
| 7.3.3.5.2 A agricultura irrigada no cenário C5H2..... | 316 |
| 7.3.3.5.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C5H2..... | 321 |
| 7.3.3.6 <i>O Cenário C6H2 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)</i> | 322 |
| 7.3.3.6.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C6H2..... | 322 |
| 7.3.3.6.2 A agricultura irrigada no cenário C6H2..... | 322 |
| 7.3.3.6.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C6H2..... | 327 |
| 7.3.3.7 <i>O Cenário C7H2 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)</i> | 327 |
| 7.3.3.7.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C7H2..... | 327 |
| 7.3.3.7.2 A agricultura irrigada no cenário C7H2..... | 328 |
| 7.3.3.7.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C7H2..... | 333 |
| 7.3.3.8 <i>Resumo dos cenários da proposta integrada do manejo convencional e manejo orgânico simultâneo (mix de culturas)</i> | 334 |
| 7.4 Considerações finais sobre os cenários de manejo convencional, manejo orgânico e mix de culturas..... | 335 |
| 8. CONCLUSÕES | 336 |
| 9. REFERÊNCIAS..... | 339 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1 - Estrutura do grau de problemas de decisão 2..... | 31 |
| Figura 2 - Os Estágios da Tomada de Decisão..... | 33 |
| Figura 3 - Área utilizada em manejo orgânico por continente em 2007 (dados em milhões de hectares)..... | 40 |
| Figura 4 - Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), espelho d'água correspondente a cota 377,55 em setembro/2004. | 76 |
| Figura 5 – Áreas irrigadas de Boqueirão e Reservatório..... | 87 |
| Figura 6 - Diagrama representando os componentes do reservatório avaliados pelo modelo..... | 116 |
| Figura 7 - Fluxograma do modelo de otimização | 124 |
| Figura 8 - Exemplo fictício de descargos de reservatórios. | 127 |
| Figura 9 - Fluxograma de metodologia aplicada ao estudo dos cenários | 148 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|-----|
| Gráfico 1 - Curva Área x Volume do Reservatório. | 137 |
| Gráfico 2 - Demanda e vazão liberada para abastecimento humano para os cenários do manejo convencional. | 149 |
| Gráfico 3 (a e b) - Comportamento hídrico do reservatório Epitácio Pessoa. | 150 |
| Gráfico 4 - Volume vertido, precipitação e vazão afluente no reservatório. | 151 |
| Gráfico 5 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C1. | 153 |
| Gráfico 6 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C1. | 154 |
| Gráfico 7 - Culturas alocadas por área plantada (ha) | 156 |
| Gráfico 8 - Culturas com maior rentabilidade. | 156 |
| Gráfico 9 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C2. | 159 |
| Gráfico 10 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C2. | 160 |
| Gráfico 11 - Culturas alocadas por área plantada (ha) | 162 |
| Gráfico 12 - Culturas com maior mão-de-obra. | 162 |
| Gráfico 13 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C3. | 164 |
| Gráfico 14 - Área plantada das áreas irrigadas para o Cenário C3. | 165 |
| Gráfico 15 - Culturas alocadas por área plantada (ha) | 167 |
| Gráfico 16 - Culturas por quantidade de agroquímicos. | 168 |
| Gráfico 17 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C4. | 170 |
| Gráfico 18 - Área plantada das áreas irrigadas para o Cenário C4. | 171 |
| Gráfico 19 - Culturas alocadas por área plantada (ha) | 173 |
| Gráfico 20 - Culturas com maior receita líquida. | 173 |
| Gráfico 21 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C5. | 175 |
| Gráfico 22 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C5. | 176 |
| Gráfico 23 - Culturas alocadas por área plantada (ha) | 178 |
| Gráfico 24 - Distribuição de receita líquida por cultura. | 178 |
| Gráfico 25 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C6. | 180 |
| Gráfico 26 - Área plantada das áreas irrigadas para o Cenário C6. | 181 |
| Gráfico 27 - Culturas alocadas por área plantada (ha) | 183 |
| Gráfico 28 - Culturas com maior mão-de-obra. | 183 |
| Gráfico 29 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C7. | 185 |
| Gráfico 30 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C7. | 186 |
| Gráfico 31 - Culturas alocadas por área plantada (ha) | 188 |
| Gráfico 32 - Culturas com maior receita líquida. | 188 |
| Gráfico 33 (a e b) - Comportamento hídrico do reservatório Epitácio Pessoa. | 191 |
| Gráfico 34 - Volume vertido, precipitação e vazão afluente no reservatório. | 192 |
| Gráfico 35 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C1H1. | 194 |
| Gráfico 36 - Área plantada das áreas irrigadas para o Cenário C1H1. | 195 |
| Gráfico 37 - Culturas alocadas por área plantada em ha. | 197 |
| Gráfico 38 - Culturas com maior receita líquida em Reais. | 197 |

| | |
|---|-----|
| Gráfico 39 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C2H1. | 200 |
| Gráfico 40 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C2H1..... | 200 |
| Gráfico 41 - Culturas alocadas por área plantada..... | 202 |
| Gráfico 42 - Culturas com maior mão-de-obra..... | 202 |
| Gráfico 43 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C3H1. | 205 |
| Gráfico 44 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C3H1..... | 205 |
| Gráfico 45 - Culturas alocadas por área plantada..... | 207 |
| Gráfico 46 - Culturas com maior receita líquida. | 207 |
| Gráfico 47 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C4H1..... | 209 |
| Gráfico 48 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C4H1..... | 210 |
| Gráfico 49 - Culturas alocadas por área plantada..... | 211 |
| Gráfico 50 - Culturas com maior receita líquida. | 212 |
| Gráfico 51 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C5H1. | 214 |
| Gráfico 52 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C5H1..... | 214 |
| Gráfico 53 - Culturas alocadas por área plantada..... | 216 |
| Gráfico 54 - Culturas com maior mão-de-obra..... | 216 |
| Gráfico 55 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C1H2. | 220 |
| Gráfico 56 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C1H2..... | 220 |
| Gráfico 57 - Culturas alocadas por área plantada..... | 222 |
| Gráfico 58 - Culturas com maior receita líquida. | 222 |
| Gráfico 59 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C2H2. | 224 |
| Gráfico 60 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C2H2..... | 225 |
| Gráfico 61 - Culturas alocadas por área plantada..... | 226 |
| Gráfico 62 - Culturas com maior mão-de-obra..... | 227 |
| Gráfico 63 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C3H2. | 229 |
| Gráfico 64 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C3H2..... | 229 |
| Gráfico 65 - Culturas alocadas por área plantada..... | 231 |
| Gráfico 66 - Culturas com maior receita líquida. | 231 |
| Gráfico 67 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C4H2. | 234 |
| Gráfico 68 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C4H2..... | 234 |
| Gráfico 69 - Culturas alocadas por área plantada..... | 236 |
| Gráfico 70 - Culturas com maior receita líquida. | 236 |
| Gráfico 71 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C5H2. | 239 |
| Gráfico 72 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C5H2..... | 239 |
| Gráfico 73 - Culturas alocadas por área plantada..... | 241 |
| Gráfico 74 - Culturas com maior mão-de-obra..... | 241 |
| Gráfico 75 - (a e b) - Comportamento hídrico do reservatório Epitácio Pessoa..... | 244 |
| Gráfico 76 - Volume vertido, precipitação e vazão afluente no reservatório..... | 245 |
| Gráfico 77 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C1H1. | 247 |
| Gráfico 78 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C1H1..... | 248 |
| Gráfico 79 - Culturas alocadas por área plantada (ha)..... | 251 |
| Gráfico 80 - Culturas com maior receita líquida (R\$)..... | 251 |

| | |
|--|-----|
| Gráfico 81 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C2H1. | 253 |
| Gráfico 82 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C2H1..... | 254 |
| Gráfico 83 - Culturas alocadas por área plantada em ha. | 257 |
| Gráfico 84 - Culturas com maior mão-de-obra (Homens/Dia). | 257 |
| Gráfico 85 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C3H1. | 259 |
| Gráfico 86 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C3H1..... | 260 |
| Gráfico 87 - Culturas alocadas por área plantada em ha. | 263 |
| Gráfico 88 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C4H1. | 265 |
| Gráfico 89 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C4H1..... | 265 |
| Gráfico 90 - Culturas alocadas por área plantada em ha. | 268 |
| Gráfico 91 - Culturas com maior receita líquida. | 268 |
| Gráfico 92 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C5H1. | 270 |
| Gráfico 93 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C5H1..... | 271 |
| Gráfico 94 - Culturas alocadas por área plantada em ha. | 274 |
| Gráfico 95 - Culturas com maior receita líquida. | 274 |
| Gráfico 96 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C6H1. | 276 |
| Gráfico 97 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C6H1..... | 277 |
| Gráfico 98 - Culturas alocadas por área plantada. | 280 |
| Gráfico 99 - Culturas por mão-de-obra em Homens/Dia. | 280 |
| Gráfico 100 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C7H1. | 282 |
| Gráfico 101 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C7H1..... | 283 |
| Gráfico 102 - Culturas alocadas por área plantada em ha. | 286 |
| Gráfico 103 - Culturas com maior receita líquida em Reais..... | 286 |
| Gráfico 104 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C1H2. | 291 |
| Gráfico 105 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C1H2..... | 292 |
| Gráfico 106 - Culturas alocadas por área plantada. | 295 |
| Gráfico 107 - Culturas com maior receita líquida em Reais..... | 295 |
| Gráfico 108 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C2H2. | 297 |
| Gráfico 109 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C2H2..... | 298 |
| Gráfico 110 - Culturas alocadas por área plantada. | 301 |
| Gráfico 111 - Culturas com maior mão-de-obra. | 302 |
| Gráfico 112 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C3H2. | 304 |
| Gráfico 113 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C3H2..... | 305 |
| Gráfico 114 - Culturas alocadas por área plantada. | 308 |
| Gráfico 115 - Culturas com maior quantidade de adubação e defensivos químicos.. | 308 |
| Gráfico 116 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C4H2. | 310 |
| Gráfico 117 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C4H2..... | 311 |
| Gráfico 118 - Culturas alocadas por área plantada. | 314 |
| Gráfico 119 - Culturas com maior receita líquida em Reais..... | 314 |
| Gráfico 120 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C5H2. | 316 |
| Gráfico 121 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C5H2..... | 317 |

| | |
|--|-----|
| Gráfico 122 - Culturas alocadas por área plantada. | 320 |
| Gráfico 123 - Culturas com maior receita líquida. | 321 |
| Gráfico 124 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C6H2. | 323 |
| Gráfico 125 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C6H2..... | 323 |
| Gráfico 126 - Culturas alocadas por área plantada. | 326 |
| Gráfico 127 - Culturas com maior mão-de-obra. | 326 |
| Gráfico 128 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C7H2. | 328 |
| Gráfico 129 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C7H2..... | 329 |
| Gráfico 130 - Culturas alocadas por área plantada. | 332 |
| Gráfico 131 - Culturas com maior receita líquida. | 332 |

LISTA DE FOTOS

| | |
|--|----|
| Foto 1 - O agente laranja teve como objetivo derrubar as folhas das árvores..... | 15 |
| Foto 2 - Defeitos de nascença e deformidades físicas e neurológicas derivados do herbicida (agente laranja)..... | 16 |
| Foto 3 - Fotografia tirada em 1972, que mostra a menina Kim Phuc, de 9 anos fugindo nua com outras pessoas da fumaça de napalm, pulverizado sobre os campos do Vietnã..... | 17 |
| Foto 4 - Sítio utopia..... | 63 |
| Foto 5 - o biofertilizante..... | 63 |
| Foto 6 - Criação de mudas ao ar livre..... | 65 |
| Foto 7 - Mato com palha de milho e melão para ser usado como biofertilizante..... | 66 |
| Foto 8 - Sítio Oiti e a mata nativa ao fundo..... | 67 |
| Foto 9 - Algumas culturas do Sítio Oiti..... | 68 |
| Foto 10 - Um dos compostos (capim, esterco de porco e folhas) utilizado como biofertilizante..... | 68 |
| Foto 11 - O composto orgânico..... | 70 |
| Foto 12 - Mangueiras..... | 72 |
| Foto 13 - Mangas desidratadas embaladas..... | 73 |
| Foto 14 - Fabricação de queijos..... | 73 |
| Foto 15 - Queijo de coalho orgânico..... | 74 |
| Foto 16 - Açude Epitácio Pessoa - Boqueirão (Maio, 2008)..... | 77 |
| Foto 17 - O primeiro vertedouro..... | 80 |
| Foto 18 - A Adutora (2 tubulações)..... | 81 |
| Foto 19 - A cidade de Boqueirão, Paraíba (maio, 2008)..... | 83 |
| Foto 20 - Áreas Irrigadas de Boqueirão (cultura: repolho, maio de 2008)..... | 88 |
| Foto 21 - Áreas Irrigadas de Boqueirão (cultura: mamão, maio de 2008)..... | 88 |
| Foto 22 - Áreas irrigadas, Cultura:mamão. Com o açude de Boqueirão ao fundo (maio, 2008)..... | 89 |
| Foto 23 - Propriedades onde foram realizadas as coletas de solos..... | 91 |
| Foto 24 - Amostra de solo retirada da cultura do repolho..... | 92 |
| Foto 25 - Amostras de solo das áreas irrigadas de Boqueirão..... | 92 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 - Efeitos da exposição aos agrotóxicos. | 13 |
| Tabela 2 – Número de Amostras analisadas | 23 |
| Tabela 3 - Certificadoras em operação no mercado orgânico brasileiro..... | 58 |
| Tabela 4 - Manejo Orgânico versus Manejo Convencional. | 61 |
| Tabela 5 - Comparação do composto e esterco curtido com o adubo químico. | 62 |
| Tabela 6 - Série de Fluviometria em Boqueirão (m ³ /s) | 87 |
| Tabela 7 - Análise de Solo – Fertilidade/Salinidade. | 93 |
| Tabela 8 - Análise de Solo – Características Físicas. | 94 |
| Tabela 9 - Níveis críticos de fósforo e de potássio no solo. | 95 |
| Tabela 10 - Proporções de N:P ₂ O ₅ :K ₂ O a serem colocadas no solo, em função da análise de solo..... | 95 |
| Tabela 11 - Classificação das culturas de acordo com o nível de exigência | 96 |
| Tabela 12 - Recomendações gerais de fertilizantes, em quilogramas de N - P ₂ O ₅ - K ₂ O, por hectare. | 96 |
| Tabela 13 - Composição química, relação de proporção de NPK e fatores de conversão de diversos fertilizantes orgânicos..... | 97 |
| Tabela 14 – Planilha Quantitativa de avaliação de custos do tomate orgânico | 100 |
| Tabela 15 - Custo de Produção das culturas orgânicas em (R\$/ha) | 101 |
| Tabela 16 - Principais Adubos Químicos utilizado no estudo..... | 101 |
| Tabela 17 - Planilha Quantitativa de avaliação de custos do tomate convencional (adubação química NPK)..... | 104 |
| Tabela 18 - Custo de Produção das culturas convencionais (R\$/ha) | 105 |
| Tabela 19 - Planilha de Adubos químicos (NPK) | 105 |
| Tabela 20 – planilha de defensivos..... | 106 |
| Tabela 21 - Série de Precipitação (mm/mês) | 133 |
| Tabela 22 - Evaporação (média) em mm/mês | 133 |
| Tabela 23 - Série de Vazões Afluentes (m ³ /s)..... | 134 |
| Tabela 24 - Cota x Área x Volume | 136 |
| Tabela 25 - Plano Cultural das áreas irrigadas de Boqueirão | 138 |
| Tabela 26 - Tabela de Coeficientes de Cultivo (Kc). | 138 |
| Tabela 27 - Preço Unitário de Venda..... | 139 |
| Tabela 28 - Preço médio unitário de venda..... | 140 |
| Tabela 29 - Produtividade das culturas convencionais..... | 140 |
| Tabela 30 - Produtividade das culturas orgânicas..... | 141 |
| Tabela 31 - Mão-de-obra empregada por culturas. | 141 |
| Tabela 32 - Áreas das culturas (ha) | 142 |
| Tabela 33 - Sistemas de irrigação para as culturas | 142 |
| Tabela 34 - Cenários de agricultura convencional | 144 |
| Tabela 35 - Cenários de agricultura orgânica | 145 |
| Tabela 36 – Cenários do mix de culturas convencionais e orgânicas | 146 |
| Tabela 37 - Índices de eficiência associados ao reservatório para no cenário C1..... | 152 |
| Tabela 38 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C1 (insumos/ano). | 155 |
| Tabela 39 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C1 (10 anos) | 157 |
| Tabela 40 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C2..... | 158 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 41 - Dados das culturas nas áreas irrigadas para o cenário C2 (insumos/ano). | 161 |
| Tabela 42 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C2 (10 anos). | 163 |
| Tabela 43 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C3..... | 163 |
| Tabela 44 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C3 (insumos/ano). | 166 |
| Tabela 45 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C3 (10 anos). | 168 |
| Tabela 46 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C4..... | 169 |
| Tabela 47 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C4 (insumos/ano). | 172 |
| Tabela 48 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C4 (10 anos). | 174 |
| Tabela 49 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C5..... | 174 |
| Tabela 50 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C5 (insumos/ano). | 177 |
| Tabela 51 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C5. | 179 |
| Tabela 52 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C6..... | 179 |
| Tabela 53 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C6 (insumos/ano). | 182 |
| Tabela 54 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C6. | 184 |
| Tabela 55 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C7..... | 184 |
| Tabela 56 - Dados das culturas nas áreas irrigadas para o cenário C7 (insumos/ano). | 187 |
| Tabela 57 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C7. | 189 |
| Tabela 58 - Cenários da agricultura convencional (Totais – Insumos/ano). | 190 |
| Tabela 59 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C1H1. | 193 |
| Tabela 60 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C1H1 (insumos/ano). | 196 |
| Tabela 61 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C1H1..... | 198 |
| Tabela 62 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C2H1. | 199 |
| Tabela 63- Dados das culturas nas áreas irrigadas para o cenário C2H1 (insumos/ano). | 201 |
| Tabela 64 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C2H1..... | 203 |
| Tabela 65 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C3H1. | 204 |
| Tabela 66 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C3H1 (insumos/ano). | 206 |
| Tabela 67 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C3H1..... | 208 |
| Tabela 68 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C4H1. | 208 |
| Tabela 69 - Dados das culturas nas áreas irrigadas para o cenário C4H1 (insumos/ano). | 210 |
| Tabela 70 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C4H1..... | 212 |
| Tabela 71 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C5H1. | 213 |
| Tabela 72 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C5H1 (insumos/ano). | 215 |
| Tabela 73 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C5H1..... | 217 |
| Tabela 74 - Cenários da agricultura orgânica com 0% de incremento de mão de obra (Totais – Insumos/ano). | 218 |
| Tabela 75 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C1H2. | 219 |
| Tabela 76 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C1H2 (insumos/ano). | 221 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 77 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C1H2 | 223 |
| Tabela 78 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C2H2. | 223 |
| Tabela 79 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C2H2 (insumos/ano)..... | 225 |
| Tabela 80 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C2H2 | 227 |
| Tabela 81 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C3H2. | 228 |
| Tabela 82 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C3H2 (insumos/ano)..... | 230 |
| Tabela 83 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C3H2..... | 232 |
| Tabela 84 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C4H2. | 233 |
| Tabela 85 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C4H2 (insumos/ano)..... | 235 |
| Tabela 86 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C4H2..... | 237 |
| Tabela 87 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C5H2. | 238 |
| Tabela 88 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C5H2 (insumos/ano)..... | 240 |
| Tabela 89 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C5H2..... | 242 |
| Tabela 90 - Cenários da agricultura orgânica com 20% de incremento de mão de obra (Totais – Insumos/ano). | 243 |
| Tabela 91 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C1H1. | 246 |
| Tabela 92 - Áreas das Culturas do cenário C1H1..... | 249 |
| Tabela 93 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C1H1 (insumos/ano)..... | 250 |
| Tabela 94 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C1H1..... | 252 |
| Tabela 95 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C2H1. | 252 |
| Tabela 96 - Áreas das Culturas do cenário C2H1..... | 255 |
| Tabela 97 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C2H1 (insumos/ano)..... | 256 |
| Tabela 98 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C2H1..... | 258 |
| Tabela 99 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C3H1. | 258 |
| Tabela 100 - Áreas das Culturas do cenário C3H1..... | 261 |
| Tabela 101 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C3H1 (insumos/ano)..... | 262 |
| Tabela 102 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C3H1..... | 263 |
| Tabela 103 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C4H1. | 264 |
| Tabela 104 - Áreas das Culturas do cenário C4H1..... | 266 |
| Tabela 105 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C4H1 (insumos/ano)..... | 267 |
| Tabela 106 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C4H1..... | 269 |
| Tabela 107 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C5H1. | 269 |
| Tabela 108 - Áreas das Culturas do cenário C5H1..... | 271 |
| Tabela 109 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C5H1 (insumos/ano)..... | 273 |
| Tabela 110 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C6H1. | 275 |
| Tabela 111 - Áreas das Culturas do cenário C6H1..... | 278 |
| Tabela 112 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C6H1 (insumos/ano)..... | 279 |
| Tabela 113 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C6H1..... | 281 |
| Tabela 114 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C7H1. | 281 |
| Tabela 115 - Áreas das Culturas do cenário C7H1..... | 284 |
| Tabela 116 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C7H1 (insumos/ano)..... | 285 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 117 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C7H1..... | 287 |
| Tabela 118 - Cenários da proposta integrada com 0% de incremento de mão de obra (Totais – Insumos/ano)..... | 288 |
| Tabela 119 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C1H2..... | 290 |
| Tabela 120 - Áreas das Culturas do cenário C1H2..... | 293 |
| Tabela 121 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C1H2 (insumos/ano)..... | 294 |
| Tabela 122 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C1H2..... | 296 |
| Tabela 123 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C2H2..... | 296 |
| Tabela 124 - Áreas das Culturas do cenário C2H2..... | 299 |
| Tabela 125 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C2H2 (insumos/ano)..... | 300 |
| Tabela 126 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C2H2..... | 302 |
| Tabela 127 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C3H2..... | 303 |
| Tabela 128 - Áreas das Culturas do cenário C3H2..... | 306 |
| Tabela 129 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C3H2 (insumos/ano)..... | 307 |
| Tabela 130 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C3H2..... | 309 |
| Tabela 131 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C4H2..... | 309 |
| Tabela 132 - Áreas das Culturas do cenário C4H2..... | 312 |
| Tabela 133 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C4H2 (insumos/ano)..... | 313 |
| Tabela 134 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C4H2..... | 315 |
| Tabela 135 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C5H2..... | 315 |
| Tabela 136 - Áreas das Culturas do cenário C5H2..... | 318 |
| Tabela 137 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C5H2 (insumos/ano)..... | 319 |
| Tabela 138 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C5H2..... | 321 |
| Tabela 139 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C6H2..... | 322 |
| Tabela 140 - Áreas das Culturas do cenário C6H2..... | 324 |
| Tabela 141 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C6H2 (insumos/ano)..... | 325 |
| Tabela 142 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C6H2..... | 327 |
| Tabela 143 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C7H2..... | 327 |
| Tabela 144 - Áreas das Culturas do cenário C7H2..... | 330 |
| Tabela 145 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C7H2 (insumos/ano)..... | 331 |
| Tabela 146 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C7H2..... | 333 |
| Tabela 147 - Cenários da proposta integrada com 20% de incremento de mão de obra (Totais – Insumos/ano)..... | 334 |

RESUMO

À nível mundial, está ocorrendo gradativamente a mudança da matriz alimentar da humanidade. Em função de um maior nível de informação da sociedade, a partir dos meios de comunicação de massa e pesquisas acadêmicas, está aumentando o consumo de carnes brancas, frutas, verduras e legumes. Além disso, há um componente político-ideológico, onde os consumidores passam a preferir alimentos que não sejam produzidos com a exploração de mão-de-obra infantil, sem agressão do meio ambiente e com tecnologias de produção de baixo custo, sem o uso de agroquímicos (agrotóxicos e adubos químicos). A preservação dos recursos naturais não renováveis passa a ser a pauta do dia, e a sustentabilidade emerge com uma grande importância. Diante desse quadro, a agricultura orgânica tem se fortalecido, vindo da necessidade de alimentos limpos (sem resíduos tóxicos) que a sociedade moderna exige e por conseqüência a preservação da natureza.

Este trabalho teve como finalidade uma análise comparativa multiobjetivo de um sistema de produção convencional e um sistema de produção orgânico, tendo como base as áreas irrigadas da cidade de Boqueirão, Estado da Paraíba, onde possui um reservatório que abastece várias cidades deste estado. Foi utilizada uma série de 10 anos hidroclimáticos da região.

Para execução deste trabalho foi utilizado (e adicionadas funcionalidades) um sistema de apoio à decisão que utiliza programação linear para otimização multiobjetivo de análises de seleção de culturas para áreas irrigadas.

Foram demonstrados, através de cenários, que o manejo orgânico tem um ganho maior em relação ao manejo convencional em relação à receita líquida, mão-de-obra, saúde humana e preservação ambiental.

Palavras-Chave: Otimização; agricultura orgânica; sustentabilidade.

ABSTRACT

In worldwide level, a change of humanity's food matrix is gradually occurring. Because of a higher level of information that society's receiving, through mass media and academic researches, the consumption of white meat, fruits and vegetables is rising. Also, there is a political-ideological component, in which consumers tend to prefer food that is not produced through infantile labour exploitation, that doesn't harm the environment while it's being produced and that, when produced, uses technology of production with low cost, without the usage of agrochemicals (pesticides and chemical fertilizers). The preservation of not renewable natural resources is at the top of the agenda, and sustainability emerges with a great importance. Before this frame, organic agriculture has strengthened, because of modern society's demand for clean food (without toxic residues), and consequently for nature protection.

The present work had the objective of developing a multiobjective comparative analysis of a production system that utilizes conventional management (using agrochemicals – fertilization and pesticides) and of a production system that uses organic management, on Eptácio Pessoa Reservoir (Boqueirão), in the State of Paraíba, through a 10 climatic years scenario.

In this work a DSS (Decision Support System) was used with the purpose of applying a multiobjective optimization based on linear programming to crop selection analysis in irrigated areas.

It has been shown that agricultural organic management provides better net profit, use of human labor and health and environmental protection than conventional management.

KEYWORDS: optimization, organic agriculture, multiobjective analysis.

1. Introdução

1.1 *Problematização da agricultura no mundo*

Desde seus primórdios, a humanidade vem provocando modificações no meio natural em que vive. Pode-se dizer que há mais de 100 mil anos, época em que o homem conseguiu dominar o fogo, as atividades por ele desenvolvidas vêm transformando o meio ambiente (MELPHI, 2004). Se, de início, as transformações eram de pequena monta ou mesmo desprezíveis, elas se acentuaram ao longo do tempo, a partir da chamada Revolução Agrícola (8 mil anos a.C.) e se tornaram mais intensas a partir do século XIX, quando o homem passou a utilizar, cada vez mais, a eletricidade e os combustíveis fósseis. A partir daí, vem crescendo de forma acentuada a preocupação com o meio ambiente, sobretudo nas últimas décadas, após a sociedade ter tomado consciência do impacto das atividades humanas, muitas vezes provocando uma degradação.

Segundo Assad (1994), para atuar sobre estas regiões e extrair delas o seu sustento, temos de aperfeiçoar as tecnologias e conhecimentos que possam tratar as entidades ambientais, não somente do ponto de vista de suas origens e funções, mas também de suas localizações, formas, distribuições, escalas, limites, etc.

Segundo Magdoff (2009), 75 por cento das pessoas pobres de todo o mundo são rurais e dependem da agricultura para viver. A agricultura é hoje, mais do que nunca, um instrumento fundamental para combater a fome, a subnutrição, como apoio ao desenvolvimento sustentado e à redução da pobreza.

De acordo com Trigueiro (2003), no ano 2025, 83 por cento da população mundial prevista, de 8,5 bilhões de habitantes, estará vivendo nos países em desenvolvimento. Não obstante, a capacidade de que os recursos e tecnologias disponíveis satisfaçam às exigências de alimentos e de outros produtos agrícolas dessa população em crescimento permanece incerta.

1.2 O uso de tecnologias para otimização da produção de alimentos

A agricultura vê-se diante da necessidade de fazer frente ao desafio de utilizar tecnologias cada vez mais eficientes no que diz respeito ao aumento da produção das terras atualmente exploradas e evitando a exaustão ainda maior de terras que só marginalmente são apropriadas para o cultivo, a melhoria da qualidade do alimento produzido, etc. Para assegurar o sustento de uma população em expansão é preciso dar prioridade à manutenção e aperfeiçoamento da capacidade das terras agrícolas de maior potencial. No entanto, a conservação e a reabilitação dos recursos naturais das terras com menor potencial, com o objetivo de manter uma razão homem/terra sustentável, também são necessárias. Também é preciso uma maior diversificação dos rendimentos, conservação da terra e um melhor manejo dos insumos.

A necessidade de otimizar o uso dos insumos, ou seja, dos recursos naturais - como a água, os solos, os adubos e defensivos (químicos ou orgânicos), dentre outros - é fundamental, sendo necessário fazer uso de técnicas que melhor se harmonizem com as políticas de gestão ambiental, enquanto maximize os benefícios sócio-econômico-ambiental.

Das técnicas disponíveis, dentre elas existem os modelos de simulação e de otimização (Pesquisa Operacional - PO).

Segundo Barbosa (2002) e Puccini e Pizzolato (1989), os modelos de PO são metodologias destinadas a resolver problemas de otimização através da definição de objetivos, a serem maximizados ou minimizados, e de restrições, que descrevem os aspectos físicos e operacionais do sistema. Dentro deste contexto, a Programação Linear (PL) é uma importante ferramenta da otimização por várias razões. Muitos problemas práticos em pesquisa operacional podem ser expressos como problemas de programação linear. Certos casos especiais de programação linear, tais como problemas de *network flow* (redes de fluxo) e problemas de *multicommodity flow* são considerados importantes o suficiente para que se tenha gerado muita pesquisa em algoritmos especializados para suas soluções. Vários algoritmos para outros tipos de problemas de otimização funcionam resolvendo problemas

de PL como sub-problemas. Historicamente, idéias da programação linear inspiraram muitos dos conceitos centrais de teoria da otimização, tais como *dualidade*, *decomposição*, e a importância da *convexidade* e suas generalizações.

A aplicação da PL, em estudos de recursos hídricos, agrícolas e naturais, varia desde problemas relativamente simples de alocação direta de recursos até situações complexas de gerenciamento e operação de reservatórios. Sob certas hipóteses, problemas não-lineares podem ser linearizados e resolvidos por iteração ou procedimentos de aproximação (BARBOSA, 2002; CURI e CURI, 2001a; CURI e CURI, 2001b, SANTOS, 2007).

Aliado aos modelos de PL, os órgãos governamentais utilizam ferramentas computacionais para suporte à tomada de decisão (SHIM et al., 2002; RAFAELI NETO, 2000), os denominados Sistema de Apoio a Decisão – SAD, que, tipicamente, possuem:

a) Um grande volume de informações sobre os aproveitamentos hídricos de gestão, obtidos de cadastros históricos e monitoramento em tempo real, tudo isso armazenado em banco de dados;

b) Modelos numéricos que simulam o comportamento dos aproveitamentos; e

c) Modelos matemáticos de tomada de decisão (otimização, simulação, geração de cenários, etc.).

Os modelos de Programação Linear, aliados aos Sistemas de Suporte a Decisão (SAD), permitem aos usuários, irrigantes, etc., simular e otimizar o comportamento de uma dada unidade de produção (balanço hídrico no solo e do reservatório, produtividade, plano cultural, custo de produção, área das culturas, mão-de-obra empregada por hectare, uso de insumos, requerimentos hídricos de culturas, eficiência do sistema de irrigação, etc.). Através disso, pode-se ter ganhos econômicos, sociais e ambientais. Também no processo decisório de alocação de insumos, obedecendo os requerimentos do sistema, pode-se levar em conta aspectos multiobjetivos, como: maximização do lucro da produção agrícola, maximização da mão-de-obra empregada (geração de

mais empregos), maximização da área de uma cultura, minimização de perdas de água, minimização do impacto ambiental através da análise de agrotóxicos e adubação química, minimização do uso de insumos químicos ou orgânicos (adubos e defensivos), minimização da poluição difusa resultante da atividade agrícola, etc.

1.3 Necessidade de produzir um alimento limpo

A nível mundial, está ocorrendo gradativamente a mudança da matriz alimentar da humanidade. Segundo Burg e Mayer (2006), na década de 1980, a base da alimentação dos povos do ocidente se caracterizava, principalmente, pelo consumo de carnes vermelhas e cereais, produzidas num modelo tecnológico convencional, com o uso de agroquímicos, sem preservação dos recursos naturais não renováveis. A partir da década de 1990 diversas pesquisas desenvolvidas nos cinco continentes demonstram uma clara mudança na base da alimentação da humanidade. Em função de um maior nível de informação da sociedade, a partir de meios de comunicação de massa, aumentou-se o consumo de carnes brancas, frutas, verduras e legumes. Além disso, aparece um componente importante, que passa a ser uma exigência do consumidor. Esse componente é o político-ideológico. Os consumidores passam a preferir alimentos que não sejam produzidos com a exploração de mão-de-obra infantil, sem agressão do meio ambiente e com tecnologias de produção de baixo custo, sem uso de agroquímicos (produtos orgânicos) e a preservação dos recursos naturais não renováveis passa a ser pauta do dia quando se pensa em produzir alimentos para um consumidor cada vez mais informado.

De acordo com Primavesi (2001), está havendo uma busca por sustentabilidade na agricultura. O termo sustentável quer dizer que não destrói solo, água e ar, mas também permita que nossos descendentes ainda consigam produzir seus alimentos de uma maneira limpa e sem escassez. Isto está cada vez mais difícil visto que a humanidade não duplica mais em 200 anos como no século XVII, mas a cada 12 anos.

Diante desse quadro, a agricultura orgânica tem se fortalecido, vindo da necessidade de alimentos limpos que a sociedade moderna exige e por consequência da preservação da natureza (BURG e MAYER, 2006).

1.4 A agricultura orgânica como alternativa

A agricultura orgânica emerge como alternativa para tentar equilibrar os exageros da agricultura convencional. A agricultura orgânica tem como base a conservação dos recursos naturais e a melhora da qualidade dos produtos, buscando a produção econômica de alimentos sem resíduos tóxicos (SANTOS e SANTOS, 2008; PINHEIRO et al, 1985). Desde a década de 1970, questionava-se, de maneira mais forte, o pacote tecnológico moderno, a revolução verde, e as conseqüências do uso de químicos agressivos ao ambiente. Esse questionamento se deu tanto em níveis técnico, ético e moral, como em nível político, de modo que os grandes conglomerados internacionais dominaram e dominam hoje a tecnologia desse setor (ORMOND et al, 2002; HARKALY, 2001).

A produção orgânica realizada por agricultores familiares tornou-se uma saída para a crescente descapitalização do setor, quando gera empregos, baixa custos de produção e melhora a qualidade de vida dos agricultores, abrindo caminhos para a prática de uma agricultura sustentável (HARKALY, 2001; SANTOS e SANTOS, 2008).

Este trabalho teve como objetivo efetuar uma análise comparativa multiobjetivo de um sistema de produção com manejo convencional e um sistema de produção com manejo orgânico, tendo como base as áreas irrigadas do açude Epitácio Pessoa (chamado de açude de Boqueirão), localizado na cidade de Boqueirão, estado da Paraíba, que possui um reservatório que abastece várias cidades deste estado. Para a execução desse trabalho foi utilizado (e adicionadas funcionalidades) a um Sistema de Apoio a Decisão que utiliza programação linear para otimização multiobjetivo de perímetros irrigados (SANTOS, 2007; CURI e CURI, 2001a; CURI e CURI, 2001b).

1.5 Objetivo da Tese

1.5.1 Objetivo Geral

O objetivo principal foi fazer uma análise comparativa de uma área cultivada empregando o manejo convencional (com agrotóxicos e adubação química) em relação a mesma área utilizando o manejo orgânico de produção no âmbito da agricultura familiar, verificando os benefícios da agricultura orgânica através da análise multiobjetivo.

1.5.2 Objetivos Específicos

Dentre os objetivos específicos, tem-se:

- Analisar os seguintes aspectos multiobjetivos: receita líquida, impactos sociais (geração de empregos, saúde humana) e ambientais (aplicação de adubação e defensivos químicos);

- Estudar o comportamento do sistema do Reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão, Paraíba) para atendimento das demandas, utilizando programação linear para encontrar os valores ótimos das variáveis de decisão, visando a sustentabilidade hídrica desses reservatórios e minimização dos usos conflitantes existentes;

- Determinar índices de sustentabilidade da operação do reservatório com base no modelo de otimização;

- Determinar os indicadores de desempenho das áreas irrigadas.

2. Fundamentação teórica e revisão de literatura

Os Recursos Naturais são derivados de ajustes “finos” de sistemas biológicos, chamados *Ecossistemas* (MOURAIN, 1999). Os ecossistemas são complexos, unidades adaptáveis, dinâmicas, que evoluem de acordo com as mudanças hidro-climáticas e biogeoquímicas e os impactos resultantes de atividades antrópicas. Para se adaptar a estas forças externas (antrópicas, biogeoquímica, etc.), os ecossistemas têm sofrido impactos universais que causam, em geral, perdas para a natureza e para o homem. Lamentavelmente, tais processos vêm aumentando com o aumento populacional e a busca por atividades econômicas mais rentáveis.

De acordo com Philippi et al (2004), o processo de gestão de recursos naturais inicia-se quando se promovem adaptações ou modificações no ambiente natural, de forma a adequá-lo às necessidades individuais ou coletivas, gerando, dessa forma, o ambiente urbano ou rural nas suas mais diversas variedades de conformação e escala. A maneira de gerir a utilização desses recursos é o fator que pode acentuar ou minimizar os impactos negativos. Este processo de gestão fundamenta-se em três variáveis: a diversidade dos recursos extraídos do ambiente natural, a velocidade de extração desses recursos, que permite ou não a sua reposição, e a forma de disposição e tratamento dos seus resíduos e efluentes. A somatória dessas três variáveis e a maneira de gerenciá-las define o grau de impacto do ambiente urbano ou rural sobre o ambiente natural.

A questão ambiental é extremamente complexa. Segundo Silveira (1999), alguns autores discutem que os fenômenos que compõem os sistemas naturais e os antrópicos são, em parte, determinísticos, mas as incontáveis interações que acontecem nos meios natural e social adicionam um alto grau de aleatoriedade aos sistemas como um todo.

Também são argumentados que os sistemas ambientais são processos evolutivos, ou seja, não-deterministas, não-lineares, irreversíveis e com estados longe do equilíbrio (BAASCH, 1990). Esses processos evolutivos, por meio de suas modificações constantes, estabelecem uma irreversibilidade dos acontecimentos, em direção a uma maior complexidade do sistema.

Segundo Cavalcanti (2001), o desenvolvimento do país, que é o propósito de gestão dos recursos naturais adequados à desejada sustentabilidade das transformações que levem à superação da miséria e do atraso de forma que seja efetiva, e não simplesmente retórica, não deve se resumir, pois, a busca de crescimento acelerado, como acontece na ótica tradicional em que se vê apenas o aumento do PIB como variável a promover.

É preciso agora considerar o desafio da melhoria real nos níveis de desenvolvimento humano e bem-estar social, com diminuição das disparidades inter-regionais e intra-regionais de produtividade, além de redução das desigualdades inter-pessoais e dos índices de pobreza. Ou seja, trata-se de buscar um padrão de desenvolvimento ecologicamente suportável e socialmente justo, que siga, também, os parâmetros da eficiência econômica.

O problema é, portanto, de ordem muito mais que econômica. Não se trata da tarefa para economistas e outros atores que são seus satélites, muito menos para aqueles economistas que não enxergam o papel das instituições, da história, da etnografia, dos fundamentos ecossistêmicos da sociedade. Se a experiência dos últimos cinquenta anos mostrasse inequivocamente que o desenvolvimento econômico tem sido um instrumento de redução visível das condições de miséria em todo o mundo, ainda se poderia questionar a necessidade de uma mudança com a que a noção de *sustentabilidade* contém.

Deve-se sublimar que a pobreza extrema é que tem se mostrado sustentável ou difícil de reduzir e que os avanços materiais modernos tendem a se concentrar, criando situações de dualismo injustificável. Os indicadores econômicos e demográficos mostram isso no Brasil, na América Latina e no mundo¹ (IBGE, 2002).

2.1 A gestão ambiental e os recursos naturais

Uma política ambiental e uma gestão de recursos naturais que assegurem consistência ao desenvolvimento entendido em nova ótica deve ter em foco certos objetivos, tais como:

1. Avaliação das condições atuais e tendências do quadro ambiental;

¹ No Brasil, por exemplo, havia 41,2 milhões de habitantes em 1940. Em 2002, o número de pessoas que sobrevivem com menos de dois dólares por dia é maior que esse total. (Os dados são do IBGE, Banco Mundial, IPEA, Fundação Getúlio Vargas, Pnud).

2. Experiências de políticas ambientais e de desenvolvimento sustentável adotadas em diversos contextos;

3. Iniciativas para a construção e emprego de princípios de contabilidade verde, com identificação de parâmetros e relações técnicas na agricultura irrigada (ex: perda da fertilidade do solo devido à exploração agrícola);

4. Montagem de um sistema de informações biofísicas e socioeconômicas para monitoração da *sustentabilidade*;

5. Mapeamento da situação dos recursos hídricos e das necessidades de água pela população; e

6. Caracterização da agricultura sustentável.

É preciso priorizar novas formas de otimização ecológica da produção, juntamente com a adoção de novas formas de representação e distribuição de renda (DANI, 1994). Evolução e sustentabilidade só são possíveis onde ocorre conservação das inovações, pois conservar é buscar a combinação entre elementos distintos, a fim de compor uma unidade coerente que funcione de modo sustentável. Para que isso possa ser feito, é necessário a utilização de um sistema de informação que têm como objetivo principal auxiliar na tomada de decisões importantes dentro do processo produtivo e na definição de políticas para o setor agrícola (irrigação).

2.2 A gestão ambiental e os agrotóxicos e adubos químicos na agricultura

Diversos estudos tem sido conduzidos pelos efeitos nocivos dos agrotóxicos e adubos químicos no meio ambiente e no homem.

2.2.1 A origem dos agrotóxicos e adubos químicos

A partir da Segunda Guerra Mundial, com a descoberta do extraordinário poder inseticida do organoclorado DDT e dos organofosforados, inicialmente utilizados como armas de guerra, deu-se início à grande disseminação dessas substâncias na agricultura (OLIVEIRA et al, 2003). De acordo com Fernandes et al (2005) e Pinheiro et al (1985), nos anos 60, os agrotóxicos que controlavam insetos e seres vivos (pragas) começaram a ser amplamente difundidos como parte fundamental da agricultura moderna, criando assim o

mercado alternativo para essas armas bélicas. Então, um modelo agrícola foi desenvolvido e aplicado que chamaram de “Revolução Verde”, onde esta se refere à invenção e disseminação de novas sementes e práticas agrícolas que permitiram um vasto aumento na produção agrícola em países menos desenvolvidos. O modelo se baseia na intensiva utilização de sementes melhoradas (particularmente sementes híbridas), insumos industriais como adubos químicos (fertilizantes) e agrotóxicos, mecanização e diminuição do custo de manejo. Também é creditado à revolução verde o uso extensivo de tecnologia no plantio, na irrigação e na colheita, assim como no gerenciamento de produção. De uma forma crítica, após a fase inicial, entre os anos 60 e 70, de incentivo oficial para a expansão da utilização de agrotóxicos na agricultura, a “Revolução Verde”, proporcionou através destes “pacotes” agroquímicos a degradação ambiental e cultural dos agricultores tradicionais, passando o país a vivenciar os efeitos à saúde decorrentes da utilização de agroquímicos.

De acordo com Pinheiro et al (1985) e Nery (2008), devido a “Revolução Verde”, foi adotado um modelo de adubação química, que é aquela em que o adubo usado é formado por compostos químicos originados por mineração ou industrialmente.

2.2.2 Definição e classificação

Segundo Faria (2003), o termo **agrotóxico** (em inglês *pesticide*) foi definido pela Organização Para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO) como uma substância ou mistura de substâncias capazes de evitar, destruir ou controlar qualquer praga, inclusive vetores de doenças humanas ou de animais e espécies indesejáveis de plantas ou animais que causem dano ou interfiram com a produção, processamento, estocagem, transporte ou comercialização de alimentos, de produtos relacionados à agricultura, de madeiras e seus derivados e de rações animais.

Adotando-se esta definição, os **agrotóxicos** abrangem as seguintes pragas: insetos, aracnídeos, roedores, fungos, bactérias, vírus, ervas daninhas ou qualquer outra forma de vida danosa à saúde e ao bem-estar do homem, à lavoura, à pecuária e aos produtos alimentícios em geral. Por extensão, incluem-se nesta categoria os agentes desfolhantes, os dessecantes e as

substâncias reguladoras do crescimento vegetal. Excluem-se as vacinas, os medicamentos, os antibióticos de uso humano e veterinário e os agentes utilizados para o controle biológico das pragas (WHO/Unep, 1990).

Eles são chamados de: inseticidas (controle de insetos); fungicidas (controle de fungos); herbicidas (combate às plantas invasoras); desfolhantes (combate às folhas indesejadas); fumigantes (combate às bactérias do solo); rodenticidas/raticidas (combate aos roedores/ratos); moluscocidas (combate aos moluscos); nematicidas (combate aos nematóides); acaricidas (combate aos ácaros). Os agrotóxicos são constituídos por uma grande variedade de substâncias químicas ou biológicas.

A seguir são destacadas apenas as classes de agrotóxicos que apresentam uma maior toxicidade para os mamíferos (FARIA, 2003):

1. Os organoclorados (OC), um grupo relativamente grande de inseticidas com considerável diversidade de estruturas, propriedades e usos. Três subtipos são dignos de destaque: os derivados clorados do etano (DDT e outros), os ciclodienos (aldrin, endrin, dieldrin, heptacloro e endossulfan) e os hexaclorociclohexanos (HCHs), como o lindano (WALKER et al, 1996). A variada toxicidade dos OC expressa a diversidade química desta classe. Contudo, um modo comum a quase todos é a interferência no fluxo de cátions através das membranas de células nervosas.

2. Os organofosforados e carbamatos, grupo de inseticidas genericamente conhecidos com anticolinesterásicos. Ambos possuem o mesmo mecanismo de ação tóxica: a inibição da enzima acetilcolinesterase, presente nas sinapses do sistema nervoso central e periférico (BURONFOSSE e BURONFOSSE, 1995). A acetilcolinesterase (AChE) é responsável pela degradação do neurotransmissor acetilcolina. Com sua inibição, em face da presença de um composto anticolinesterásico, ocorre o acúmulo de acetilcolina nas sinapses nervosas, o que exarceba os efeitos colinérgicos. Os organofosforados são mais amplamente utilizados com inseticidas, mas podem ser empregados com herbicidas (glifosfato) e fungicidas (kitazin). Alguns organofosforados empregados na agricultura, como o paration, são muito tóxicos para os mamíferos, enquanto outros usam as diferenças no metabolismo de insetos e mamíferos para produzir agrotóxicos de baixa

toxicidade para estes últimos, como o malation (SMITH et al, 1996). Os carbamatos agem também inibindo a acetilcolinesterase e se diferenciam pelo fato de a combinação se processar de maneira mais reversível.

3. Os piretróides, compostos sintéticos similares às piretrinas, formam o grupo mais recente de inseticidas no mercado. São bem menos tóxicos aos mamíferos que os organofosforados, carbamatos e organoclorados. A alta atividade inseticida dos piretróides, que permite seu emprego em pequenas dosagens, associada à seletividade que apresentam, possibilitou o aparecimento de novos produtos de origem sintética, inclusive mais estáveis à luz e menos voláteis que os de origem natural, para uso na agropecuária ou com domissanitários. Piretrinas e piretróides são substâncias alergizantes e freqüentemente desencadeiam episódios de asma e bronquite em crianças. São os inseticidas mais usados em ambientes domésticos.

Já os **adubos químicos** são compostos sintéticos que se adicionam aos solos que contêm Nitrogênio (N) fixado por meios industriais e transformado em nitrato. Nos adubos químicos, além de nitratos, geralmente estão presentes outros produtos, como o Fósforo (P) e o Potássio (K) (NERY, 2008).

2.2.3 Os perigos dos agrotóxicos e adubos químicos na saúde humana

De acordo com Peres et al (2003), os agrotóxicos, por serem constituídos por uma grande variedade de substâncias químicas ou produtos biológicos, são produtos desenvolvidos para matar, exterminar, combater, dificultar a vida (muitos atuam sobre processos específicos, como os reguladores do crescimento). Assim, por atuarem em processos vitais, em sua maioria, esses venenos têm ação sobre a constituição física e saúde. Os efeitos sobre a saúde podem ser de dois tipos:

1. Efeitos agudos, ou aqueles resultantes da exposição a concentrações de um ou mais agentes tóxicos capazes de causarem dano efetivo aparente em um período de 24 horas;
2. Efeitos crônicos, ou aqueles resultantes de uma exposição continuada a doses relativamente baixas de um ou mais produtos.

Os efeitos agudos são aqueles mais visíveis, que aparecem durante ou após o contato da pessoa com o produto e apresentam características bem marcantes. No caso dos agrotóxicos, essas características podem ser espasmos musculares, convulsões, náuseas, desmaios, vômitos e dificuldades respiratórias (OPS, 1996). Já os feitos de uma exposição crônica podem aparecer semanas, meses, anos ou até mesmo gerações após o período de uso/contato com tais produtos, sendo, portanto, mais difíceis de identificação. Em muitos casos podem até ser confundidos com outros distúrbios, ou simplesmente não relacionados ou agente causador (nexo-causal). Na Tabela 1, apresenta-se um sumário dos principais efeitos agudos e crônicos causados pela exposição dos agrotóxicos, de acordo com a praga que controlam.

Tabela 1 - Efeitos da exposição aos agrotóxicos.

| Classificação quanto à praga que controla | Sintomas de intoxicação aguda | Sintomas de intoxicação crônica |
|--|--|---|
| INSETICIDAS | Fraqueza Cólicas abdominais Vômitos Espasmos musculares Contrações involutárias Irritações das conjuntivas Espirros Excitação | Efeitos neurotóxicos retardados Alterações cromossomiais Dermatites de contato Lesões hepáticas Arritmias cardíacas Lesões renais Neuropatias periféricas Alergias Asma brônquica Irritações nas mucosas Hipersensibilidade |
| FUNGICIDAS | Tonteiras Vômitos Tremores musculares Dor de cabeça | Alergias respiratórias Dermatites Doença de Parkinson Cânceres Teratogêneses |
| HERBICIDAS | Dificuldade respiratória Hipertermia Convulsões Perda do apetite Enjôo Vômitos Fasciculação muscular Sangramento nasal Fraqueza Desmaios Conjuntivites | Cânceres (PCP – formação de dioxinas) Cloroacnes Introdução da produção de enzimas hepáticas Cânceres Teratogênese Lesões hepáticas Dermatites de contato Fibrose pulmonar |

Fonte: WHO, 1990; PERES, 1999.

Pelos motivos apresentados na Tabela 1, vários inseticidas têm tido o uso restringido, e até mesmo proibido, com no caso do DDT, talvez seu representante mais famoso (é derivado do seu nome o termo “dedetização” – o controle químico de inseto em residências – que inicialmente era realizado com o DDT).

Segundo Peres et al (2003), os agrotóxicos de vários tipos têm sido correlacionados com efeitos reprodutivos em animais e outras têm atividade redutora da fecundidade em humanos. Outros ainda, como o Mancozeb e o Amitrol, possuem atividade inibidora da tireóide e alguns tipos de herbicidas estão associados ao aparecimento de alguns tipos de cânceres hormônio-dependentes.

De acordo com a World Health Organization, WHO (1990) e Peres et al (2003), o aumento da incidência de câncer entre trabalhadores rurais e pessoal envolvido nas campanhas sanitárias, no final da década de 80, levou ao estudo mais detalhado sobre a interação dos agrotóxicos com o organismo humano no surgimento desses tumores, entre outras funções de base celular. Inseticidas, fungicidas, herbicidas, entre outros, foram submetidos a diversos experimentos em animais, do tipo dose-resposta, acompanhados da avaliação de uma série de grupos populacionais possivelmente expostos aos efeitos desses produtos.

Segundo estudos da Organização Pan-americana de Saúde (OPS, 1996), foram detectadas evidências de que alguns tipos de herbicidas seriam promotores de carcinogênese (processo de constituição de um câncer) em seres humanos, devido à presença de dioxinas como “impurezas” na sua contaminação. Essas evidências foram corroboradas em reportagem da BBC (BBC, 2005) sobre o agente laranja, usado como desfolhante pelo exército americano na guerra do Vietnã, entre 1961 e 1972, com o objetivo de privar os guerreiros vietnamitas de suas fontes de alimento e de proteger os invasores norte-americanos de seus ataques (Foto 1). Ele é um composto químico que, ao ser despejado, ele mata a vegetação de qualquer tipo, destruindo inclusive as raízes. As folhas morrem e caem, transformando uma floresta densa em uma massa de árvores improdutivas. As áreas um dia verdes tornam-se negras e um odor forte e desagradável paira pelo ar (SILVERMAN, 2009). Composto por dois herbicidas: o 2,4-D e o 2,4,5-T, ambos os

constituintes do agente laranja tiveram uso na agricultura, principalmente o 2,4-D vendido até hoje em produtos como o *Tordon*. Foi chamado assim porque era guardado em tonéis cor-de-laranja.



Foto 1 - O agente laranja teve como objetivo derrubar as folhas das árvores.
Fonte: BBC, 2005.

Os efeitos destruidores do agente laranja, devem-se, em grande parte, ao seu componente principal, a dioxina, um dos produtos tóxicos mais potentes, que perturba as funções hormonais, imunizantes e reprodutivas do organismo. Trinta anos depois da guerra, vê-se ainda nas ruas das cidades e nos campos gente mutilada – sem pernas, sem braços, cegas, com os corpos disformes (Foto 2).



Foto 2 - Defeitos de nascença e deformidades físicas e neurológicas derivados do herbicida (agente laranja).
Fonte: BBC, 2005.

Segundo reportagem da SBPC (2002), esses problemas estão, em grande parte, ligados ao uso de desfolhantes nas operações militares frequentemente classificadas como a maior guerra ecológica da história da humanidade (Foto 3). Mesmo nos Estados Unidos, os efeitos são notados nos ex-combatentes e em suas famílias. Entre os sintomas apresentados estão: cegueira, diabetes, câncer de próstata e dos pulmões, deformações de braços e pernas, dentre outros. Estima-se que foram despejados 76 milhões de litros de herbicidas entre 1962 e 1971 na guerra do Vietnã (SILVERMAN, 2009).



Foto 3 - Fotografia tirada em 1972, que mostra a menina Kim Phuc, de 9 anos fugindo nua com outras pessoas da fumaça de napalm, pulverizado sobre os campos do Vietnã.

Fonte: Nick Ut. (BBC, 2005).

Diversos tipos de fungicidas também são considerados potenciais agentes carcinogênicos, principalmente no que diz respeito ao surgimento de tumores no aparelho respiratório (como câncer de pulmões e adenocarcinoma de tireóide) (OPS, 1996).

As evidências de possível ação carcinogênica de alguns inseticidas (DDT, HCH, etc.) no organismo humano não são muito fortes. Porém, em animais, estudos têm demonstrado o contrário (WHO, 1990).

Alguns agrotóxicos, como os nematicidas, foram descritos com agentes causadores de infertilidade em homens expostos a esses produtos, assim como alguns tipos de herbicidas (WHO, 1990).

De acordo com Koifman e Hatagima (2003), alguns agrotóxicos são considerados carcinogênicos humanos em potencial, além de promotores tumorais, e são incluídos no grupo B1 (substâncias provavelmente carcinogênicas) da Agência Internacional de Pesquisas do Câncer (IARC). O DDT, assim como as bifenilas policloradas (PCBs), as dioxinas, o

hexaclorociclohexano (HCH) e o hexaclorobenzeno, constituem um grupo diverso de substâncias químicas sintéticas denominadas agrotóxicos organoclorados. Tanto o DDT como seu metabólico DDE são lipossolúveis, persistindo no ambiente ao longo do tempo e acumulando-se no tecido adiposo em níveis mais elevados que aqueles encontrados no leite materno e no sangue, graças ao processo de bioacumulação, tendo sido associado ao desenvolvimento de câncer de fígado, no trato respiratório e linfomas, apresentando efeitos na mama correlatos àqueles decorrentes da exposição ao estrogênio.

Além do câncer, de acordo com Koifman e Hatagima (2003), relatam que a desregulação hormonal e tumores estão associados à exposição dos agrotóxicos.

Segundo pesquisas de Cocco (2002), a plausibilidade biológica da associação entre a exposição a agrotóxicos e alguns tipos de câncer, sobretudo aos de natureza hormônio-dependente (câncer de mama, testículo, ovário, próstata e tireóide), parece relacionada ao mecanismos potenciais de desregulação endócrina verificados entre os disruptores endócrinos (COCCO, 2002), sendo relativamente pouco conhecido seu impacto na população brasileira (MEYER et al, 1999; KOIFMAN e HATAGIMA, 2003).

Pinheiro et al (1985) em seu livro “Agropecuária sem veneno” faz uma severa crítica ao modelo convencional de agricultura, ataca veementemente os agroquímicos, explica como este modelo penetrou na agricultura e também acusa os grandes fornecedores de agroquímicos (Bayer, Shell, Pfizer, Ciba Geigy, Basf, Rhodia, dentre outros) como os devastadores ambientais e da saúde humana. Explica que após décadas de uso indiscriminado de agrotóxicos, os seguintes resultados foram expostos:

- Uma alta contaminação das águas superficiais e subterrâneas com nitratos. Contaminação essa oriunda do uso de fertilizantes nitrogenados de alta solubilidade. Nitratos esses que contaminam os vegetais e por si só já causaram intoxicação maciça em pessoas que ingeriram alimentos contaminados. Também eles provocam substâncias cancerígenas em nosso organismo, denominadas “nitroso-aminas”, que por sua vez se conjugam com

resíduos de agrotóxicos e formam compostos cancerígenos, mutagênicos, teratogênicos, etc;

- A contaminação do solo por cádmio, mercúrio e outros metais pesados presentes em adubos fosfáticos, oriundos do norte da África. Esses metais pesados, em pequena quantidade, provocam problemas sérios de saúde, como tumores ósseos (cádmio), e alterações nas células nervosas irreversíveis (mercúrio). Embora o cádmio seja um elemento que pode banir a população do planeta, dada a sua letalidade em pequenas doses, uma empresa japonesa desenvolveu um fungicida à base de cádmio, e outro à base de níquel; e

- O leite materno está contaminado com DDT e outros agrotóxicos. O leite materno das “hamburguesas” está contaminado com dioxina, impureza contida em muitos agrotóxicos e causadora de anencefalia (fetos que nascem sem cérebro), crianças que nascem com o coração palpitando fora do peito e outras deformações monstruosas que só serão visíveis nas próximas gerações.

2.2.4 Os perigos dos agrotóxicos e adubos químicos no meio ambiente

Segundo Pinheiro et al (1985) e Peres et al (2003) , a larga utilização de agrotóxicos no processo de produção agropecuária, entre outras aplicações, tem trazido uma série de transtornos e modificações para o meio ambiente, seja pela contaminação das comunidades de seres vivos que o compõem, seja pela acumulação nos segmentos bióticos e abióticos dos ecossistemas (biota, água, ar, solo, sedimentos, etc.).

Outro importante impacto ambiental causado por agrotóxicos é a contaminação de coleções de águas superficiais e subterrâneas, representando o impacto ambiental adverso mais importante associado à produção industrial, tendo como resultado o lançamento de produtos químicos agrícolas nas águas superficiais e sua movimentação em direção às águas subterrâneas (ZEBARTH, 1999).

Segundo a World Resources Institute (WRI, 1999), a contaminação de peixes (principalmente por organoclorados), crustáceos e moluscos representam uma importante fonte de contaminação humana, cujos riscos podem ser ampliados a todos os consumidores desses animais como fonte de

alimentos. Esses produtos também podem trazer uma série de problemas para as superfícies onde se depositam, sejam essas coberturas vegetais ou solos desnudos. Algumas superfícies podem ficar fragilizadas, marcadas, ou ainda terem a absorção de elementos minerais (principalmente metais) afetados pela ação desses produtos.

Outro problema relacionado aos agrotóxicos é a questão da reutilização, o descarte ou destinação inadequada das embalagens vazias que favorecem a contaminação ambiental e provocam efeitos adversos à saúde humana, de animais silvestres e domésticos.

Pode-se observar, que os agrotóxicos representam um importante risco à saúde das populações humanas e ao meio ambiente devendo, por isso, serem utilizados apenas sob estrita orientação científica e em casos onde sejam absolutamente imprescindíveis. O modo e a extensão com que esses produtos vêm sendo empregados em nosso país têm trazido efeitos deletérios muito maiores que qualquer benefício, tanto do ponto de vista ambiental quanto da saúde humana.

Segundo Nery (2008) e Harkaly (2001), um dos motivos pelos quais os adubos químicos podem poluir o meio ambiente, é porque alguns deles são hidrossolúveis, isto é, dissolvem-se na água, fato que acarreta três conseqüências:

1. Uma parte é rapidamente absorvida pelas raízes das plantas causando expansão celular (as membranas celulares ficam mais finas), fazendo com que aumente muito seu teor de água. Conseqüentemente as plantas ficam mais suscetíveis a pragas e doenças, além de menos saborosas e com seu teor nutritivo empobrecido;

2. Outra parte (muitas vezes a maior parte) é lixiviada, ou seja, é lavada pelas águas das chuvas e regas, indo poluir rios, lagos e lençóis freáticos, causando juntamente com os despejos de esgotos, a eutrofização dos corpos aquáticos - que é a morte de um rio ou lago por asfixia, pois os excessivos nutrientes além de estimularem um crescimento excessivo das algas, roubam para se degradarem, o oxigênio da água; e

3. Há ainda uma terceira parte que se evapora, como no caso dos adubos nitrogenados (como o sulfato de amônio) que sob a forma de óxido nítrico pode destruir a camada de ozônio da atmosfera.

De acordo com Harkaly (2001), tem-se hoje, de maneira inquestionável, diversas correlações negativas da agricultura moderna (convencional), sem terem sido capaz de resolver o problema da fome no mundo:

- Em relação ao pesticidas:

a) São cancerígenos;

b) Se acumulam na cadeia alimentar, prejudicando, em última análise, todos os seres vivos;

c) Matam os predadores naturais, possíveis inimigos das pragas, afetam também o equilíbrio da biovida do solo, dos rios, dos lençóis freáticos, reduzindo a biodiversidade;

- Em relação aos adubos químicos (fertilizantes):

a) São altamente solúveis em água, pois desequilibram a nutrição das plantas, tornando-as mais suscetíveis a pragas e doenças, tanto no campo quanto no transporte e armazenamento;

b) Desequilibram a estrutura do solo, quebrando a estabilidade dos colóides² e aumentando a lixiviação e a erosão;

- Socialmente, no mundo, a agricultura moderna tem aumentado a crise social no campo, impedindo a viabilidade dos pequenos produtores que são a base de sustentação dos ecossistemas produtivos;

- Os grandes produtores, em suas empreitadas de abertura de novas fronteiras agrícolas, depredam os ecossistemas.

Segundo estudos de Pinheiro (1995) e Harkaly (2001), concluí-se que a agricultura moderna no ritmo em que se encontra, com o uso de variedades altamente produtivas e altamente sensíveis ao ataque de pragas e doenças, tende a se tornar insustentável ecológica, econômica e socialmente.

² Colóides são sistemas nos quais um ou mais componentes apresentam pelo menos uma de suas dimensões dentro do intervalo de 1nm a 1µm.

De acordo com dados da OIT (Organização Internacional do Trabalho) / OMS (Organização Mundial de Saúde) - OIT/OMS(2005), a OMS estimava, em 1990, que o uso de agrotóxicos no mundo era da ordem de 3 milhões de toneladas/ano, expondo, através do trabalho agrícola, mais de 500 milhões de pessoas. Também estimava que os casos anuais de intoxicações agudas não intencionais fossem de 1 milhão, com 20 mil mortes, sendo a exposição ocupacional responsável por 70% desses casos de intoxicação. Embora reconhecendo que os efeitos crônicos são mais difíceis de serem avaliados, foram estimados pela OMS 700 mil casos/ano de dermatoses, 37 mil casos/ano de câncer em países em desenvolvimento e 25 mil casos/ano de seqüelas neuro-comportamentais persistentes ocasionadas por intoxicações ocupacionais por compostos organofosforados. Quinze anos depois, em 2005, a OMS, em conjunto com a Organização Internacional do Trabalho (OIT), passou a estimar em 7 milhões os casos de intoxicações agudas e de longo termo e 70 mil óbitos provocados por agrotóxicos anualmente no mundo, sobretudo nos países em desenvolvimento.

2.2.5 O Brasil e o uso de agrotóxicos

De acordo com relatório divulgado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (2008), a venda de agrotóxicos no Brasil representa 84% do mercado da América Latina, com um faturamento anual que chega a US\$ 5 bilhões e um volume de produção de 500.000 toneladas/ano. Ao todo, são 1.224 produtos formulados registrados e cerca de 450 ingredientes ativos (45% herbicidas, 27% inseticidas, 28% fungicidas). À nível mundial, segundo ANVISA (2005), existem 20 grandes indústrias produtoras de agrotóxicos com vendas estimadas de 33,6 bilhões de dólares/ano, gerando um volume de 3,5 milhões de toneladas/ano.

Segundo Garcia e Alves (2005), o Brasil é um dos maiores consumidores mundiais de agrotóxicos, sendo São Paulo o estado campeão na sua utilização. O país possui um grande número de trabalhadores rurais potencialmente expostos a quantidades bastante significativas e, portanto, sujeitos aos problemas anteriormente referidos. Apesar disso, são poucas as informações existentes sobre os problemas acarretados pelo emprego maciço desses produtos em nosso meio. Estima-se que sejam 15 milhões de pessoas

expostas pelo trabalho rural e que ocorram de 150 mil a 200 mil intoxicações agudas por ano.

Como vê-se, o problema atinge o mundo inteiro, mas é maior nos países subdesenvolvidos. No Brasil não há praticamente nenhuma pressão dos consumidores pela qualidade dos alimentos, há poucos laboratórios e com pequena capacidade de análise de resíduos, há também carência de técnicos nessa especialidade para orientar a produção de alimentos sem o uso de agrotóxicos e adubos químicos.

Segundo relatório da ANVISA (2009), num monitoramento divulgado em abril de 2009, o nível de agrotóxicos aplicados em culturas analisadas no estudo apresentou dados acima do limite pré-estabelecido. Também chamou atenção nos resultados do Programa, o uso de agrotóxicos não permitidos, em todas as culturas analisadas. Ingredientes ativos banidos em diversas partes do mundo, como acefato, metamidofós e endossulfam, foram encontrados de forma irregular nas culturas de abacaxi, alface, arroz, batata, cebola, cenoura, laranja, mamão, morango, pimentão, repolho, tomate e uva (Tabela 2).

Tabela 2 – Número de Amostras analisadas

| DADOS CONSOLIDADOS DO PARA 2008 | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------|--------------|
| Cultura | Total de amostras analisadas | Amostras insatisfatórias | |
| | | Total | % |
| Manga | 101 | 1 | 0,99 |
| Banana | 97 | 1 | 1,03 |
| Batata | 100 | 2 | 2,00 |
| Cebola | 103 | 3 | 2,91 |
| Feijão | 137 | 4 | 2,92 |
| Maçã | 102 | 4 | 3,92 |
| Arroz | 136 | 6 | 4,41 |
| Repolho | 102 | 9 | 8,82 |
| Abacaxi | 95 | 9 | 9,47 |
| Laranja | 101 | 15 | 14,85 |
| Mamão | 104 | 18 | 17,31 |
| Tomate | 104 | 19 | 18,27 |
| Alface | 101 | 20 | 19,80 |
| Cenoura | 102 | 31 | 30,39 |
| Uva | 101 | 33 | 32,67 |
| Morango | 86 | 31 | 36,05 |
| Pimentão | 101 | 65 | 64,36 |
| Total | 1.773 | 271 | 15,28 |

Fonte: ANVISA (2009).

O pimentão foi o alimento que apresentou o maior índice de irregularidades para resíduos de agrotóxicos, durante o ano de 2008. Mais de

64% das amostras de pimentão, analisadas pelo Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) da ANVISA, apresentaram problemas. O morango, a uva e a cenoura também apresentaram índices elevados de amostras irregulares, com mais de 30% cada.

Na divulgação do Programa, em Brasília (DF), no ano de 2008, o ministro da Saúde, José Gomes Temporão, destacou a importância do trabalho da ANVISA no monitoramento de resíduos de agrotóxicos em alimentos. “No Brasil, a segunda causa de intoxicação, depois de medicamentos, é por agrotóxicos, o que tem uma dimensão importante”, afirmou Temporão.

Os desvios detectados pelo PARA foram: teores de resíduos de agrotóxicos acima do permitido e o uso não autorizado para determinadas culturas. No balanço geral, das 1.773 amostras dos dezessete alimentos monitorados (alface, batata, morango, tomate, maçã, banana, mamão, cenoura, laranja, abacaxi, arroz, cebola, feijão, manga, pimentão, repolho e uva), 15,28% estavam insatisfatórias.

Com tudo isso, concluí-se que a agricultura no final do século encontra-se em uma posição difícil, em que a sua viabilidade dependerá de um esforço conjunto da sociedade de reverter esses quadros.

A agricultura orgânica em vários casos traz soluções viáveis a essas problemáticas, reduzindo os desmatamentos e degradações do meio ambiente, a degradação do solo, tira a dependência do homem no campo de insumos externos, há uma melhoria da saúde dos trabalhadores (por manejar insumos naturais), a saúde ambiental e produtos de qualidade (naturais) e gasta menos quilograma por alimento produzido (HARKALY, 2001; SANTOS e SANTOS, 2008).

2.3 A gestão ambiental e a irrigação

De acordo com Garces-Restrepo et al (2007), a área irrigada no mundo, está em torno de 277 milhões de hectares, que correspondente a 20% da área cultivada total, e é responsável por 40% da produção total de alimentos no mundo. A técnica da irrigação é utilizada não só para complementar as necessidades hídricas das culturas nas regiões úmidas como, também, para tornar produtivos os solos das zonas áridas e semi-áridas do planeta, no

atendimento da demanda de alimentos e matéria prima gerada pelo contínuo crescimento demográfico da humanidade.

De acordo com Bruinsma (2003) em relatório da FAO, aproximadamente 11% (cerca de 1,5 bilhões de hectares) da superfície terrestre (estimada em 13 bilhões de hectares) é usado na produção agrícola (terras aráveis e terras com cultivos permanentes). Esta área representa um terço (36%) de terras aptas para a agricultura. O fato é que há 2,7 bilhões de hectares de terras potencialmente a serem exploradas.

Segundo relatório da FAO (2006), dos 1,5 bilhões de hectares usados na produção agrícola, 138 milhões são de culturas permanentes, e o consumo de adubos químicos (fertilizantes à base de NPK - Nitrogênio, Fósforo e Potássio) foi estimado em 148 milhões de toneladas. Cerca de 70% do uso de água doce total do mundo é destinada para a agricultura, 10% para o uso doméstico e 20% para uso industrial. O uso da terra é de 12% para agricultura, 26% para pastos e 62% para outros fins. O total de exportação foi de US\$ 604 bilhões em 2004, tendo como maiores exportadores os Estados Unidos, a Holanda e a França e os maiores importadores os Estados Unidos, a Alemanha e o Japão. As “commodities” mais comercializadas foram: uva, trigo e soja. Estima-se que aproximadamente 2,4 bilhões de pessoas dependem diretamente da agricultura irrigada para alimentação e trabalho (HALL, 1999).

De acordo com relatório do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2004), o Brasil, com um clima diversificado, energia solar abundante e quase 13% de toda a água doce disponível no planeta, tem 388 milhões de hectares de terras agricultáveis férteis e de alta produtividade, dos quais 90 milhões ainda não foram explorados. Esses fatores fazem do país um lugar de vocação natural para a agropecuária e todos os negócios relacionados à suas cadeias produtivas. O agronegócio é hoje a principal locomotiva da economia brasileira e responde por um em cada três reais gerados no país, sendo responsável do Produto Interno Bruto (PIB), 42% das exportações totais e 37% dos empregos brasileiros. Estima-se que o PIB do setor chegue a US\$ 180,2 bilhões em 2004, contra US\$ 165,5 bilhões alcançados no ano passado. Entre 1998 e 2003, a taxa de crescimento do PIB agropecuário foi de 4,67% ao ano. No ano de 2003, as vendas externas de

produtos agropecuários renderam ao Brasil US\$ 36 bilhões, com superávit de US\$ 25,8 bilhões.

Nos últimos anos, poucos países tiveram um crescimento tão expressivo no comércio internacional do agronegócio quanto o Brasil. Os números comprovam: em 1993, as exportações do setor eram de US\$ 15,94 bilhões, com um superávit de US\$ 11,7 bilhões. Em dez anos, o país dobrou o faturamento com as vendas externas de produtos agropecuários e teve um crescimento superior a 100% no saldo comercial (MAPA, 2004). Esses resultados levaram a Conferência das Nações Unidas para o Comércio e Desenvolvimento (Unctad) a prever que o país será o maior produtor mundial de alimentos na próxima década. O Brasil é um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários. É o primeiro produtor e exportador de café, açúcar, álcool e sucos de frutas. Além disso, lidera o ranking das vendas externas de soja, carne bovina, carne de frango, tabaco, couro e calçados de couro. As projeções indicam que o país também será, em pouco tempo, o principal pólo mundial de produção de algodão e biocombustíveis, feitos a partir de cana-de-açúcar e óleos vegetais. Milho, arroz, frutas frescas, cacau, castanhas, nozes, além de suínos e pescados, são destaques no agronegócio brasileiro, que emprega atualmente 17,7 milhões de trabalhadores somente no campo (MAPA, 2004).

Diante desses dados, surge a necessidade de aprimorar a informação através de técnicas, modelos, e sistemas, com o objetivo de minimizar suas perdas (colheitas) e otimizar o uso de insumos como a água, o solo, os adubos (químicos ou orgânicos) e os defensivos (químicos ou orgânicos).

2.4 Programação Linear (PL)

Segundo Porto (2001), o problema de alocação de água é extremamente complexo e para resolvê-lo tem-se desenvolvido, nas últimas três décadas, um grande número de instrumentos que fazem parte de metodologias conhecidas por Pesquisa Operacional, Análise de Sistemas de Recursos Hídricos e, mais recentemente, Sistemas de Suporte a Decisão.

A PL foi estabelecida em termos matemáticos formais por George. B. Dantzig em 1947, para resolver problemas de logística da Força Aérea

Americana. Desde então, com a percepção da utilidade do método nos vários segmentos da economia e a sua conseqüente disseminação, tem-se verificado um significativo impacto na gestão e administração de empresas e de diferentes organizações. Segundo Barbosa (2002), as aplicações na área de recursos hídricos remontam a década de 60, no âmbito dos trabalhos do “Harvard Water Resources Group”, onde se fez uma aplicação de PL a um problema de gerenciamento de água subterrânea. Desde então muitas aplicações na área de recursos hídricos tem sido registradas, tanto em PL quanto não linear. Dentre elas pode-se citar: (BECKER & YEH, 1974; BRAGA e BARBOSA, 1987; YEH, 1985; SIMONOVIC, 1992; WURBS, 1993 e LABADIE, 2004).

Nas diversas áreas de recursos hídricos, tem-se observado aplicações de PL. Mas foi no âmbito da operação de reservatórios que a PL, só ou acoplada a outras técnicas como programação dinâmica e inteira, tiveram maior utilização (Dorfman, citado por SIMONOVIC, 1992), BECKER e YEH, (1974), BRAGA e BARBOSA (1987), OLIVEIRA e LANNA (1997), YEH (1985).

A PL, assim como outras técnicas de programação matemática, foram, também, usadas no desenvolvimento de trabalhos para otimizar sistemas de produção agrícola, considerando cultivos únicos ou múltiplos, submetidos ou não a programas de irrigação específicos como o CISDERGO (CURI e CURI, 2001a), o modelo desenvolvido por SANTOS (2007), o ORNAP (CURI e CURI, 2001b), o AgriBMPWater (TURPIN et al., 2005) e o DSIRR (BAZZANI, 2005).

Reca et al. (2001) desenvolveu um modelo de otimização aplicado numa bacia no sudeste da Espanha, para planejamento de alocação de água em sistemas agrícolas onde existem déficits de irrigação baseado em critérios de eficiência econômica.

Mohammed (1997) formulou um modelo, aplicado na Tailândia, para determinar o padrão máximo de colheita e focou em dois objetivos: maximização de benefícios econômicos e maximização da área plantada.

Juan (1996) criou um modelo para determinar estratégias de otimização da irrigação para estações de naturezas uniformes. O principal objetivo do modelo é dar subsídios aos produtores rurais para avaliar e comparar

alternativas e simular os regimes hídricos esperados ao longo do ano com o objetivo de otimizar a rotação de culturas, produção e renda.

Guo & He (1999) propôs um modelo no qual incluía múltiplos critérios como objetivo de otimizar a alocação de recursos e equipamento que usava a programação de colheita e pós-colheita de grãos e foi utilizado o algoritmo SIMPLEX para sua resolução para região agrícola da província de Zhejiang.

Jiracheewee (1996) desenvolveu um banco de dados com informações sobre gerenciamento agrícola e aspectos relacionados à irrigação para melhorar os sistemas de irrigação, usando a combinação de sistemas de gerenciamento de banco de dados e otimizadores de programação linear.

Hajilal (1998) propôs um modelo em tempo real para operação de reservatórios para alimentação de canais de irrigação, minimizando a função de déficit hídrico usando a programação dinâmica.

Garg e Abbas (1998) desenvolveram um modelo para a bacia do canal de Dadu da bacia da Índia, situada na margem direita da barragem de Sukker, entre 29° N (Latitude) e 67° E (Longitude), com o objetivo de organizar as datas de semeaduras das diferentes culturas e suas necessidades hídricas baseada em modelos de programação inteira.

O projeto Sustainability of European Irrigated Agriculture under Water Directive And Agenda 2000 (WADI), conduzido por Bazzani et al. (2005) tem como meta avaliar a sustentabilidade econômica, social e ambiental da agricultura irrigada na Europa com diferentes cenários no que diz respeito à política de águas e políticas agrícolas.

2.5 Otimização Multiobjetivo

O processo decisório envolve múltiplos objetivos e múltiplos decisores. Na análise multiobjetivo, existem vários métodos que tratam simultaneamente aspectos econômicos, sociais, políticos, ambientais, etc, em um processo de tomada de decisão. Normalmente, estabelecem-se conflitos de interesse entre grupos com visões distintas acerca das metas a serem adotadas no planejamento e gestão dos recursos hídricos. A análise multiobjetivo apresenta conceitos para o tratamento e quantificação dos processos de tomada de decisão com múltiplos objetivos (BRAGA e GOBETTI, 2002).

Na análise multiobjetivo não existe um ótimo global, como na busca do máximo ou mínimo de uma função, e sim um conjunto de ótimos que satisfazem, de formas diferentes, os diferentes objetivos envolvidos na análise.

Dependendo da forma em que são utilizadas as preferências do decisor e da natureza do problema, as técnicas de análise multiobjetivo podem ser divididas da seguinte maneira (COHON e MARKS, 1975):

1. Técnicas que geram o conjunto de soluções não dominadas;
2. Técnicas que utilizam uma articulação antecipada das preferências; e
3. Técnicas que utilizam uma articulação progressiva das preferências.

As técnicas que geram o conjunto de soluções não dominadas consideram um vetor de funções objetivo e, mediante tal vetor, geram o conjunto das soluções não dominadas. Uma solução não dominada ou não inferior é definida como uma solução multiobjetivo que não pode ser melhorada em um objetivo sem piorar um ou outros. Não são consideradas no processo as preferências do decisor, tratando-se somente com as restrições físicas do problema (BRAGA e GOBETTI, 2002).

As técnicas que utilizam uma articulação antecipada das preferências solicitam, anteriormente, a resolução do problema, a opinião do decisor a respeito das trocas possíveis entre os objetivos e dos valores relativos destes. As variáveis de decisão podem ser contínuas ou discretas, em função do tipo de problema. Algumas técnicas são aplicadas somente a problemas contínuos ou discretos, enquanto outras podem ser usadas em ambas as situações.

As técnicas que utilizam articulação progressiva das preferências têm a característica de perguntar ao decisor, assim que uma solução é alcançada, se o nível atingido de atendimento dos objetivos é satisfatório e, no caso negativo, o problema é modificado e resolvido novamente.

As técnicas mais utilizadas que geram o conjunto de soluções não dominadas são: o método das ponderações, o método das restrições e os algoritmos genéticos multiobjetivo.

No que diz respeito à utilização destes métodos na otimização da operação de sistemas de reservatórios com usos múltiplos, o método das

ponderações é o mais utilizado e mais simples na sua formulação, mas precisa de uma unidade comum entre os diferentes objetivos. No nosso caso, ele foi utilizado com sucesso na otimização dos nossos cenários.

2.5.1 O método da ponderação

Este método é da categoria da geração de soluções não-inferiores, cuja característica é de que para cada solução fora do conjunto (mas ainda dentro da região viável), existe uma solução não dominada com respeito à qual todas as funções objetivo permanecem iguais, ou são melhoradas, e pelo menos uma é estritamente melhorada.

Assim não há necessidade de definição a priori das preferências do decisor, uma vez que o método produz o conjunto não inferior completo tanto no espaço das decisões como no espaço dos objetivos.

Os objetivos dados por $f_1(x)$, $f_2(x)$, ..., $f_n(x)$ são ponderados através de pesos w_i para fornecer um novo problema dado por:

$$\max \text{ ou } \min \sum_{i=1}^n w_i \times f_i(x) \quad (42)$$

onde:

w_i – fator de ponderação do objetivo i (maior que zero);

$f_i(x)$ – função objetivo i .

Os fatores de ponderação são variados de forma paramétrica até que se obtenha o conjunto de soluções não dominadas (x^*).

A melhor solução de compromisso terá um conjunto w_1, w_2, \dots, w_n que indicará a importância relativa de cada objetivo.

2.6 Sistemas de Apoio à Decisão – SAD

Porto (2002) descreve SAD como “sistemas computacionais que têm por objetivo ajudar indivíduos que tomam decisões na solução de problemas não estruturados (ou parcialmente estruturados)”. Problemas não estruturados são aqueles para os quais não existem soluções através de algoritmos bem definidos e ocasiona não serem facilmente tratáveis por computador. Em consequência, a solução destes problemas exige uma estreita interação entre

homem e máquina, fato que constitui uma das principais características dos SAD.

Segundo Turban (1990), suas principais características são:

1. Incorporam dados e modelos;
2. São sistemas desenhados para ajudar os gestores nos seus processos de decisão, no que se refere a problemas semi-estruturados (ou não estruturados);
3. Auxiliam, mas não substituem, avaliações de gestão; e
4. Têm como objetivo melhorar a eficácia das decisões e não a eficiência com que as decisões são tomadas.

O SAD deverá ajudar o decisor a resolver problemas não estruturados, não programáveis (ou semi-estruturados) e deverá produzir um mecanismo de interrogação interativo que utilize uma linguagem de fácil utilização e aprendizagem (BONCZEK et al., 1980; ROSINI,2003).

Os conceitos de problemas semi-estruturados, eficácia e apoio à decisão resumem a essência do conceito de SAD:

1) Decisão de problemas semi-estruturados:

Todos os problemas de decisão recaem sobre um intervalo de variação contínuo (Figura 1), entre decisões estruturadas e decisões não estruturadas (SIMON, 1960):

As decisões estruturadas ocorrem quando a tomada de decisão pode ser estruturada pelo decisor ou com base em teoria relevante;

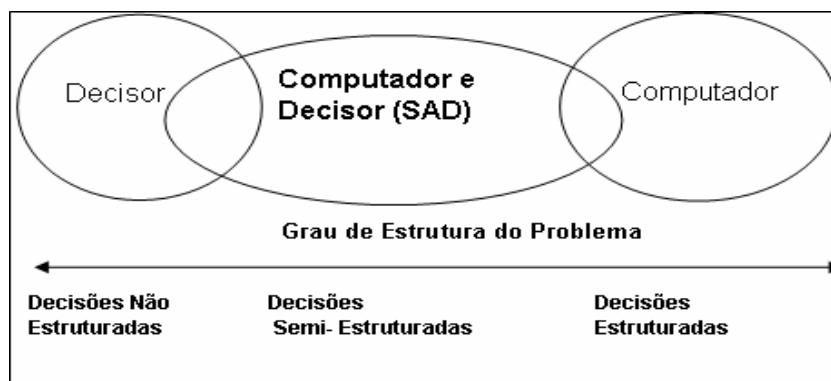


Figura 1 - Estrutura do grau de problemas de decisão 2.
Fonte: Simon (adaptado de Malczewski, 1997).

As decisões não estruturadas ocorrem quando o decisor se revela incapaz de estruturar o problema, ou o problema não é estruturável com base em teoria relevante;

As decisões estruturadas são programáveis e podem ser resolvidas por meios computacionais, ao contrário das decisões não estruturadas, que não são programáveis e devem ser resolvidas pelo decisor, com um recurso limitado a computadores. Todos os problemas de decisão espaciais reais se situam alguns entre estes dois casos extremos sendo, portanto, chamados problemas semi-estruturados. A parte estruturável (programável do problema) pode ser solucionada automaticamente por um computador, enquanto que a parte não estruturável terá que ser resolvida pelo decisor sozinho, ou em interação com o sistema.

2) Eficácia no processo de decisão

O objetivo do sistema é o de melhorar a eficácia do processo de tomada de decisão. A eficácia máxima é atingida quando se conseguem incorporar conhecimentos de decisor e programas baseados em computador, no processo de tomada de decisão. Para ser eficaz, o sistema deverá ser de fácil utilização, de modo a evitar uma separação funcional dos papéis do analista e da pessoa encarregada de tomar a decisão (GOODCHILD, 1993).

3) Apoio à decisão

O sistema ajuda o usuário a explorar o problema de decisão, de um modo interativo e recursivo, em todas as fases do processo de tomada de decisão (Figura 2). Os SADs, em caso algum, não deverão substituir o decisor (ou decisores), apenas deverão fornecer elementos para apoiar e fundamentar a sua decisão (CABRAL, 2001).

Muito freqüentemente, as alternativas são avaliadas com pouca reflexão ou lógica. É fundamental, nesse processo, prever as conseqüências que poderão ocorrer se as várias opções forem efetivadas. Os gestores devem considerar diversos tipos de conseqüências. Obviamente, devem tentar prever esses efeitos em mensurações financeiras ou em outras formas de desempenho, mas existem outras conseqüências menos claras a considerar. Decisões abrem um precedente: será esse uma ajuda ou um obstáculo no

futuro? Além disso, o sucesso ou fracasso da decisão irá para os registros daqueles envolvidos no processo decisório (SILVA, 2001).

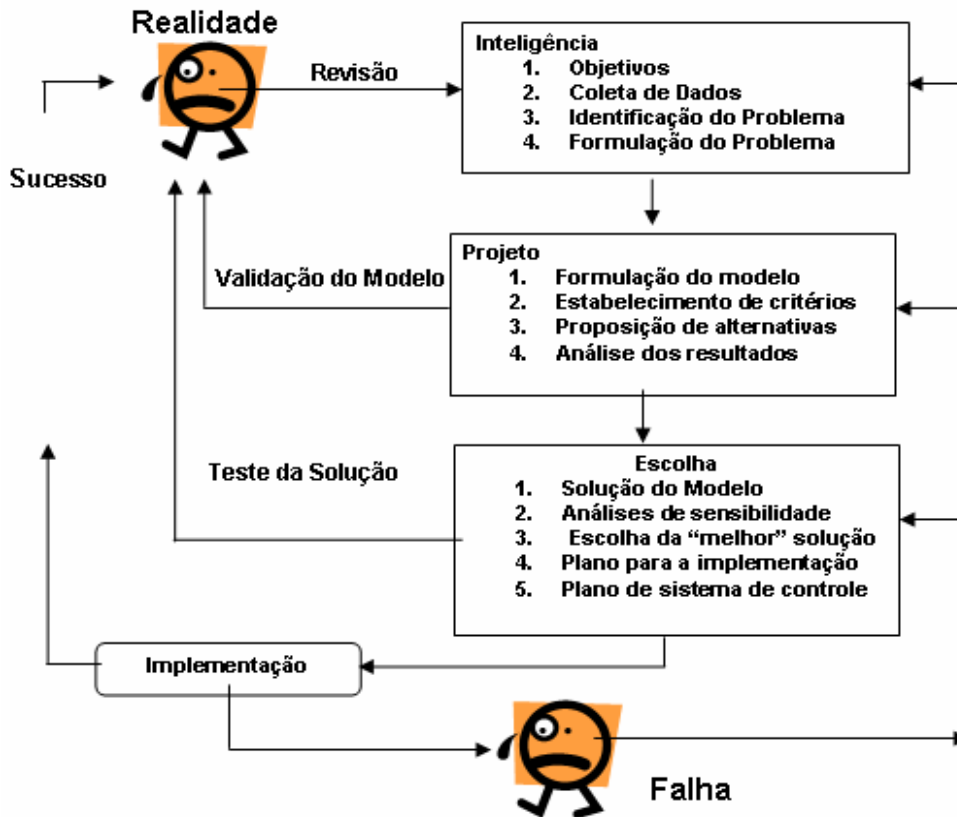


Figura 2 - Os Estágios da Tomada de Decisão.
 Fonte: TURBAN, 1990 apud PORTO, 2002.

Existem várias discussões na literatura sobre novas tecnologias em SAD como: paradigmas, “soft computing”, SAD baseado em aporte computacional, SAD baseado em restrições, SAD’S cooperativos, Data Warehouses, OLAP (On Line Analytical Processing), mineração de dados, heurísticas, etc., são vistos em:

Em Carlsson e Turban (2002), é dado um “panorama” dos Sistemas de Apoio a Decisão para a próxima década, onde é relatado uma grande interação com a Internet, e foca em 4 pontos: (i) os métodos e instrumentos para resolver problemas não-estruturados e semi-estruturados; (ii) Os sistemas interativos que utilizam exaustivamente a Internet; (iii) Os sistemas direcionados para o usuário final que nos quais são ótimos para decisores e (iv) a separação de dados e modelos nas aplicações no qual promete gerar uma maior eficiência na modelagem.

Em Alencar et al (2009), foi desenvolvido um sistema de apoio à decisão que utiliza programação linear para otimização multiobjetivo de áreas irrigadas baseados no CISDERGO (Curi e Curi; 2001a), no ORNAP (Curi e Curi; 2001) e no modelo de Santos (2007), onde foi realizado um comparativo entre dois paradigmas distintos: o manejo agrícola convencional (utilizando agrotóxicos e adubação química) e o manejo agrícola orgânico, levando em conta critérios financeiros, sociais e ambientais.

Shim et al. (2002) dá uma visão geral dos SAD's: desde os primeiros desenvolvidos no Carnegie Institute of Technology, USA e no MIT até os mais modernos com banco de dados avançados (que acessam conhecimento), funções avançadas de modelagem e interface simples mas bem robusta. Também discutem 4 novas tecnologias para SAD's: "data warehouses", OLAP ("On-Line Analytical Processing"), "data mining" e SAD's baseados em Web.

Braga et al. (1998) enfoca bastante a união de técnicas de análise de sistemas com problemas em recursos hídricos, e apresenta algumas técnicas de otimização e simulação, como a PL, a Programação Numérica, os sistemas especialistas, e apresenta estudos de casos na bacia do Alto Tiête e Piracicaba.

Em Porto e Azevedo (1997), existe uma boa descrição sobre o problema decisório considerando aspectos hidrológicos, ambientais, econômicos, políticos e sociais.

Assad et al. (2005) conceberam o Agritempo que atua como Integração e análises estatísticas de dados pluviométricos para monitoramento de culturas.

Em Sheibe et al. (2006), é apresentado um SAD que incorpora sistemas especialistas para comunicação sem fio com o objetivo de determinar os melhores locais para localização de equipamentos para maximizar o lucro e minimizar o custo.

Souza e Gouveia (2001) conceitua os SADs e os descreve por partes: banco de dados, SIG (Sistemas de Informações Geográficas) e modelos. Também relata várias experiências de uso de SAD espaciais.

Harms (2003) apresenta uma arquitetura em camadas de um SAD espacial no qual usa regras de espaço-tempo para ajudar no processo de tomada de decisão.

Cristopher et al. (2005) desenvolveram uma ferramenta para planejamento agrícola baseado em sistemas especialistas para avaliação de terras.

Ayala et al. (1996) analisaram diversos fatores envolvidos no planejamento agrícola para identificar áreas aptas e seus riscos na província de Almaria, Espanha.

Crossland et al. (1995) usaram o conceito de SAD com SIG para aumentar a eficiência do processo de decisão.

Silva et al. (1999) utilizaram-se de um modelo de simulação para análise e apoio à decisão em agrossistemas.

No que diz respeito à gestão de água para a agricultura, temos vários modelos/sistemas em: SIMIS: the FAO decision support system for irrigation scheme management (Mateos, 2002); CROSOWAT: A decision tool for irrigation schedule (Joshi et al., 1995); WunDa : Generic integration of environmental decision support systems – state-of-the-art (Denzer, 2005).

Mira da Silva et al. (2001) descreve um SAD para melhorar o planejamento e o gerenciamento de projetos de irrigação na região de Alentejo, Portugal.

Tarjuelo et al. (1996) desenvolveram um modelo para otimização de colheita na região de Albacete, Espanha.

Perini e Susi (2004) desenvolveram um SAD para agricultura com o objetivo de integrar diversas informações explorando o fato que diversas organizações possam gerenciar as fontes de informação.

Burton (1999) identifica e discute várias aspectos onde são necessárias pesquisas para melhorar o gerenciamento de água para a irrigação.

Renault (2001) enfoca a importância da reengenharia como agente de mudança para o benefício de um melhor gerenciamento de irrigação e operação de reservatórios.

Papajorgji (2004) apresenta um método de desenvolvimento e documentação de modelos utilizando Unified Modelling Language (UML) para o desenvolvimento do balanço hídrico e de modelos de irrigação (índice de área foliar, simular os aspectos do crescimento da planta, evapotranspiração, etc), dentre outros. Este método simplifica a documentação dos requisitos do modelo, simulações e cálculos, e fornece uma “template” (modelo computacional) para implementar em linguagens de programação. O uso da “template” pode simplificar os processos de re-utilização de código computacional e modificação do modelo.

O SAD utilizado neste trabalho foi o baseado no CISDERGO (Cropping and Irrigation System Design with Optimal Reservoir and Groundwater Operation) Curi e Curi (2001a), no ORNAP (Optimal Reservoir Network Analysis Program) Curi e Curi, (2001b) e no modelo de Santos (2007). Todos eles têm como objetivo a otimização baseado em programação linear recursiva, destinado a maximizar múltiplos benefícios ou objetivos relativos ao uso da água resultante da operação de um reservatório, poços e rios em conjunção com o planejamento ou gerenciamento de perímetros irrigados. Além das limitações que são impostas as variáveis do problema, foram adicionadas, a inclusão de novas limitações de recursos (financeiros, mão de obra, insumos, agrotóxicos, área, etc.) assim como a mudança da função objetivo (como, por exemplo, minimizar o uso de agrotóxicos enquanto se maximiza a receita líquida) e a inclusão do modelo de produção orgânico.

3. A agricultura orgânica

3.1 Introdução

O cultivo orgânico, segundo Altieri (1989) é um sistema agrícola que mantém uma produção excluindo fertilizantes sintéticos e pesticidas. Em substituição, o cultivo orgânico conta com rotações de culturas as mais extensas possíveis, como adubações orgânicas (para suprir plantas com nutrientes), através de restos culturais, esterco dos animais, etc, adubações verdes, e rochas minerais, cultivo mecânico, controle biológico (uso de plantas repelentes, vírus, sabão, etc), controle mecânico (catação, capina, etc), controle de pragas e doenças (plantas invasoras, animais ou insetos) tudo isto é feito para manter a produtividade e o cultivo do solo, além de controlar os insetos, as invasoras e outras pragas.

A agricultura orgânica, segundo Santos e Santos (2008), tem como premissa melhorar a qualidade dos produtos, conservando os recursos naturais, não utilizando na produção de alimentos os resíduos tóxicos. Por este fator, há restrições quanto ao preço mais elevado dos produtos e à redução de produtividade, que é, em média, cerca de 30% menor. Devido a produtividade das culturas ainda ser menor em relação aos cultivos tradicionais, é natural que a produção necessite de preços mais elevados, no entanto, a diferença de produtividade tende a ser reduzida com o passar do tempo, pois a fertilidade do solo vai aumentando de forma gradativa em virtude da atividade dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica. Há, a partir daí, fertilização do solo de forma equilibrada e contínua, podendo-se chegar a produtividades quase semelhantes às obtidas na agricultura convencional.

O Decreto Nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007, que regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, aborda os seguintes pontos sobre a agricultura orgânica:

- considera um sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, como o objetivo de manter a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximizando os benefícios sociais, minimizando a

dependência de energia não-renovável, e empregando, sempre que possível, métodos culturais biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e a proteção do meio ambiente.

- a finalidade do sistema orgânico é a de gerar uma oferta de produtos saudáveis isentos de contaminantes; preservar a diversidade biológica dos ecossistemas naturais; o incremento da atividade biológica no solo; a promoção do uso saudável do solo, da água e do ar, a manutenção da fertilidade do solo a longo prazo; a reciclagem de resíduos de origem orgânica; a manipulação dos produtos agrícolas com base no uso de métodos de elaboração cuidadosos, com o propósito de manter a integridade orgânica e as qualidades vitais do produto em todas as etapas, dentre outros.

Na busca de manter a estrutura e produtividade do solo e de se obter um alimento verdadeiramente orgânico, é necessário administrar conhecimentos de diversas ciências (agronomia, ecologia, sociologia, economia, entre outras) para que o agricultor, através de um trabalho harmonizado com a natureza, possa ofertar ao consumidor alimentos que promovam não apenas a saúde deste último, mas também do planeta como um todo.

3.2 Breve Histórico

A agricultura orgânica, segundo Saminez et al (2007), surgiu com os trabalhos do inglês Albert Howard, entre 1925 e 1930, onde é ressaltada a importância da matéria orgânica nos processos produtivos e que o solo não deve ser entendido somente como um conjunto de substâncias, tendência proveniente da química analítica, pois no solo ocorre uma série de processos vivos e dinâmicos essenciais à saúde das plantas.

Segundo Neves (2005) e Saminez et al (2007), na década de 1920 surgiram alguns movimentos contrários à adubação química, onde estes valorizavam o uso da matéria orgânica e de outras práticas culturais favoráveis aos processos biológicos. Diversas correntes que compõem o movimento que chamamos de agricultura orgânica forma originadas e difundidas na Europa, antes de serem levadas a outras regiões do mundo.

A mais antiga delas é a agricultura biodinâmica, desenvolvida a partir da filosofia antroposófica de Rudolf Steiner (Áustria), em 1924, que preconizava a importância das relações entre o solo e as forças de origem cósmica: a saúde do solo, das plantas e dos animais dependia de colocar a natureza em conexão com aquelas forças.

Em 1930, Hans Müller foi um ativista da causa ecológica na Suíça e criou as bases de uma agricultura orgânica-biológica, que visa à proteção do meio ambiente, à qualidade biológica dos alimentos e ao desenvolvimento de fontes de energias renováveis.

Na década de 1940, Sir Albert Howard e Lady Eve Balfour (Inglaterra) publicaram livros disseminando os conceitos da agricultura orgânica e criaram a Soil Science Association. Na França e na Alemanha, Claude Aubert e Hartmut Vogtmann disseminaram os princípios da agricultura biológica e ecológica, respectivamente.

A agricultura natural, surgida no Japão em 1935 por Mokiti Okada, fundamenta-se no princípio segundo o qual existem espírito e sentimento em todos os seres vivos (vegetal e animal). A agricultura natural valoriza o solo como fonte primordial de vida e, para fertilizá-lo, procura fortalecer sua energia natural utilizando os insumos disponíveis no local de produção para adubar e fertilizar a terra. Seu objetivo máximo é obter produtos por sistemas agrícolas que se assemelhem às condições originais do ecossistema.

A permacultura, teve início na Austrália, por volta de 1975, com as idéias do Dr. Bill Mollison, ela se baseia na prática de uma agricultura num sistema integrado de vegetais perenes e semi-perenes incluindo a atividade produtiva dos animais. Trata-se de um sistema Agrosilvopastoril.

Todas essas correntes, segundo Neves (2005), passaram a ser citadas, coletivamente, como agricultura alternativa. A agricultura orgânica hoje é resultante desse amplo movimento. Em comum, todas as correntes buscam desenvolver sistemas para a produção de alimentos em harmonia com o homem e o meio ambiente e sustentáveis no tempo e no espaço. Para harmonizar os conceitos, estabelecer padrões básicos, e ao mesmo tempo resguardar a diversidade do movimento, houve a necessidade de um fórum.

Assim, foi criada a International Federation of the Organic Agriculture Movement – IFOAM (Federação Internacional do Movimento da Agricultura Orgânica), uma organização não-governamental, sediada em Bonn, Alemanha, que atualmente, de acordo com Willer e Kilcher (2009), abriga cerca de 481 organizações que oferecem serviços de certificação, além de uma abrangência em 141 países.

3.3 O mercado dos produtos orgânicos no mundo

A agricultura orgânica vem avançando bastante nos últimos anos, segundo Willer e Kilcher (2009). O total mundial de área com manejo orgânico é de aproximadamente de 32,2 milhões de hectares, com participação de menos de 1% do total em relação a agricultura convencional, possuindo cerca de 1,2 milhões agricultores orgânicos cadastrados (incluindo pequenos fazendeiros). As regiões com as maiores áreas com manejo orgânico certificado ou em processo de certificação são: Oceania (12,1 milhões de hectares), Europa (7,8 milhões de hectares) e América Latina (6,4 milhões de hectares), mostrados na Figura 3. A Austrália, Argentina e Brasil possuem as maiores áreas com manejo orgânico.



Figura 3 - Área utilizada em manejo orgânico por continente em 2007 (dados em milhões de hectares)

Fonte: Research Institute of Organic Agriculture - FIBL /IFOAM. Extraído de WILLER E KILCHER (2009).

Ainda de acordo com Willer e Kilcher (2009) e o relatório da Research Institute of Organic Agriculture – (FIBL, 2009), os países que tem as maiores práticas orgânicas por hectare são: Austrália (12 milhões de hectares), Argentina (2.771.959), Brasil (1.765.793), Estados Unidos (1,6 milhões), China (1,6 milhões), Itália (1.150.253), Índia (1 milhão), Espanha (988.323), Uruguai (930.965) e Alemanha (865.000).

Segundo Abreu (2009), se somar a área do extrativismo sustentável da região amazônica, o Brasil fica com a segunda maior área de produção agrícola orgânica no mundo, perdendo apenas para a Austrália. Com esse cálculo, são 6,5 milhões de hectares de terra disponíveis para o cultivo de orgânicos como banana, abacaxi, café, mel, leite, carnes, soja, palmito, açúcar, frango, hortaliças e alguns produtos da Amazônia como castanha, açaí, látex e frutas.

Segundo Willer e Kilcher (2009), a demanda global por produtos orgânicos tem aumentado cerca de 5 bilhões de dólares ao ano. Durante o ano de 2007 movimentou cerca de 46,1 bilhões de dólares. A maior demanda destes produtos está concentrada na América do Norte e na Europa. A Ásia, a América Latina e a Oceania são importantes produtores e exportadores de frutas, vegetais, bebidas, cereais, grãos, sementes, ervas e especiarias.

3.4 O Brasil no contexto mundial

No Brasil, o mercado de orgânicos cresce de 20% a 30% ao ano. O Brasil é hoje o 3º maior produtor orgânico em área, com 1,7 milhões de hectares plantados, com 15.000 agricultores, exportando cerca de 70% dos seus produtos orgânicos (SALDANHA, 2008).

Segundo dados da Apex – Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos, em 2008 o Brasil comercializou cerca de US\$ 250 milhões de produtos de origem orgânica. Hoje são 70 empresas associadas, do pequeno produtor rural às indústrias e empresas de comércio exterior, que faturaram US\$ 58 milhões em 2008.

Segundo França (2009), de cerca dos 15.000 produtores, 68% deles estão fixados na região Sul, 13% no Nordeste, 10% no Sudeste, 5% no Centro-oeste e apenas 4% na região Norte. Além do hortifruti, das carnes e do

extrativismo, como o palmito, o Brasil começa a diversificar sua linha de produtos. Já é possível encontrar cachaça, soja, vinagre, castanha do Pará, chocolate, além das commodities (café, açúcar, arroz, feijão) e até cosméticos e tecidos orgânicos. Em 2008, o país exportou pouco mais de 12 milhões de dólares para 35 países, com uma pauta composta principalmente de produtos primários. Na opinião da diretora técnica da Sociedade Nacional de Agricultura (SNA), Silvia Wachsner, se o Brasil quiser competir e ganhar espaço em outros mercados, como a Europa, terá de industrializar sua produção orgânica. Mas, antes, tem de tornar seu preço mais competitivo. "Na Europa, os orgânicos já competem com preços muito próximos dos demais produtos", diz Wachsner. "Aqui, essa diferença chega a ser de no mínimo 30%", ressalta. Para ela, a razão dos altos preços é a baixa escala da produção. Isso porque, em geral, a produção dos itens orgânicos ainda está concentrada nas pequenas fazendas e proprietários. "A solução é a formação de cooperativas ou associações, só assim eles vão gerenciar melhor a logística e conseguir baixar o custo final."

Ainda de acordo com França (2009), os produtos orgânicos têm conquistado mais mercado dentro e fora do País. O consumidor consciente sabe que ao comprar um produto orgânico, mais valorizado que o tradicional, não está levando só um produto sem contaminação química, sem agrotóxico, mas ele tem embutido o respeito às tradições culturais, às exigências trabalhistas e às condições sociais do trabalhador.

Deve-se ressaltar que muitos produtores orgânicos no Brasil não têm a certificação, pois fica muito cara para eles. No entanto, eles estão deixando a agricultura convencional movidos pelos altos preços dos agrotóxicos e insumos trazidos de fora da propriedade e pelos melhores preços pagos por um produto orgânico no mercado.

3.5 Principais avanços tecnológicos

Segundo Harkaly (2001), a agricultura orgânica traz soluções viáveis para problemáticas como: degradação do solo, desmatamento, poluição, erosão, etc. Ele cita avanços de pesquisas e de experiências práticas dos agricultores, assim como alguns mitos que surgiram.

3.5.1 Avanços da pesquisa em institutos:

Embora visualizada com uma forma de agricultura que volta ao passado, temos hoje projetos certificados que só são viáveis pelo uso de:

- controle biológico;
- fixação de nitrogênio por leguminosas;
- alta eficiência na reciclagem de nutrientes (mecanizada);
- uso de variedades resistentes;
- adubação por “reposição” e não por “respostas a tabelas”;
- inibição de vírus com pulverizações de estimulantes naturais de resistência.

3.5.2 Avanços que surgiram da experiência prática:

- plantio consorciado;
- plantio com mistura de variedades (coquetel de cereais e leguminosas);
- adubação foliar orgânica;
- várias adaptações e melhorias no processamento.

3.5.3 Mitos da agricultura orgânica:

- a agricultura orgânica é uma volta ao passado no que se refere ao emprego de novas tecnologias; sem dúvida, um percentual significativo de bons projetos orgânicos, hoje, não seria viável sem o uso das modernas tecnologias;

- a agricultura orgânica é uma atividade retrógrada e sem perspectivas de desenvolvimento; os projetos mostram justamente o contrário: projetos são criativos e encontram saídas para seus problemas;

- cultivares modernos não são adequados ao sistema orgânico, embora apresentem boa produtividade, quando testados. Não se trata aqui de um problema prático, mas sim de concepção de estruturação dos sistemas agrícolas e do risco em potencial que existe em só se trabalhar com cultivares modernos que não incorporem resistências horizontais.

Assim, como certos setores da agricultura convencional deram espaço à pesquisa feita por produtores como no plantio direto, a agricultura orgânica abre amplamente o espaço para o produtor entrar com idéias próprias e criatividade. Ela pressupõe que o produtor estará muito mais envolvido na tarefa de observação e na condução das atividades, por um simples fato: não há fórmula pronta. Cada caso é um caso.

3.6 Organização da propriedade

Na agricultura orgânica, a propriedade rural é considerada um agroecossistema, que se traduz num sistema agrícola baseado na biodiversidade do local (Henz et al., 2007). Depende das interações e dos ciclos biológicos das espécies vegetais e animais e da atividade biológica do solo, do uso mínimo de produtos externos à propriedade, e do manejo de práticas que restauram, mantêm e promovem a harmonia ecológica do sistema. Portanto, o sucesso e a sustentabilidade dos sistemas orgânicos dependem da integração de todos os recursos internos da propriedade, buscando-se o equilíbrio entre os recursos naturais, as plantas cultivadas, a criação de animais e o próprio homem. No sistema convencional uma lavoura é tratada de forma individualizada e com a maioria dos insumos, de alto custo energético, advindos de fora da propriedade. No sistema orgânico procura-se explorar ao máximo os fatores inerentes ao ambiente e os recursos internos à propriedade.

A propriedade orgânica é considerada um organismo agrícola. Nesse organismo modificado pela ação do homem ocorrem complexas interações entre os seres vivos e os elementos naturais (solo, nutrientes, ar, temperatura, água, etc.), e a obtenção do produto (colheita) depende da manutenção do equilíbrio desse sistema que, por sua vez, depende do papel individual de cada um desses elementos e de suas relações. Esse organismo também deve ser saudável, além do ponto de vista agrônômico, nos aspectos econômico, social e ecológico. Muitas correntes da agricultura orgânica advogam que devem ser estabelecidas ligações entre todas as formas de matéria e de energia presentes na propriedade para se aproximar do equilíbrio do ambiente natural. Prioriza-se a utilização dos elementos orgânicos produzidos na propriedade agrícola, pois nela todas as atividades devem estar, de alguma forma, interligadas. Esse modelo de conservação apoiou-se nos movimentos de

preservação da natureza associados ao modelo de exploração agrícola intensa e no conceito de exaustão do solo preconizado pelos cientistas.

Com o uso crescente dos adubos químicos e agrotóxicos possibilitou a simplificação dos sistemas agrícolas, de forma que apenas uma cultura pudesse ser cultivada em determinada região para atender as necessidades locais ou as exigências de mercado. Esse modelo permitiu o aparecimento de pragas, doenças, plantas invasoras especializadas e uma série de outros problemas peculiares para essas culturas. A manutenção da fertilidade do solo e a sanidade dos cultivos dependem de rotações de culturas, da reciclagem de biomassa e, principalmente, da diversidade biológica. Essa diversidade é o principal pilar da agricultura orgânica a contribuir para a manutenção do equilíbrio do sistema e, conseqüentemente, do solo e da cultura. Portanto, o equilíbrio biológico e ambiental, bem como a fertilidade do solo, não pode ser mantido com monoculturas (Henz et al., 2007).

Nos cultivos especializados, onde prevalece apenas uma cultura de interesse econômico, deve-se estabelecer algum grau de diversificação, que é conseguido com a inserção de áreas de refúgio e/ou cordões de contorno com espécies variadas, consórcios com adubos verdes e/ou plantas repelentes/atrativas e com o manejo das plantas espontâneas.

Para diversificar o sistema, o produtor rural deve se preocupar prioritariamente com a diversificação da paisagem geral de sua propriedade de forma a restabelecer o equilíbrio entre todos os seres vivos da cadeia alimentar, desde microorganismos até pequenos animais, pássaros e outros predadores. A introdução de espécies vegetais com múltiplas funções no sistema produtivo é a base do (re)estabelecimento do equilíbrio da propriedade. Nesse contexto, incluem-se espécies de interesse econômico, arbóreas, atrativas e ornamentais. Deve-se atentar também para o papel fundamental das espécies espontâneas no processo de diversificação

3.6.1 Planejando um sistema orgânico de produção

No planejamento, de acordo com Resende e Vidal (2007), é exigido que a propriedade seja considerada no todo, com uma visão integrada do manejo e estruturas do ecossistema rompendo as barreiras disciplinares, uma vez que a

propriedade é entendida como um organismo vivo, dinâmico e sistêmico. O ideal é que o número máximo de aspectos do funcionamento seja previsto nesse planejamento. É importante considerar dois aspectos fundamentais: a fonte de biomassa para alimentação do sistema e a fonte de água de qualidade para irrigação.

A fonte de biomassa determinará o tipo de infra-estrutura de armazenagem e o método de processamento e de aplicação do material fertilizante. A localização dessa infra-estrutura, bem como das áreas de compostagem, deve facilitar a distribuição dos fertilizantes nas áreas de cultivo. Deve-se considerar que, no sistema orgânico, a exigência de mão-de-obra para preparo e distribuição de adubo é alta, assim como a quantidade de fertilizante necessária por área também é muito maior que no sistema convencional.

3.6.2 Cordões de contorno

São faixas de vegetação que circundam a propriedade, permitindo isolamento das áreas de cultivo convencional circunvizinhas, e utilizados também para divisão de talhões de cultivo (RESENDE e VIDAL, 2007).

Apresentam múltiplas finalidades como o funcionamento como barreiras fitossanitárias, dificultando a livre circulação de pragas e doenças entre propriedades vizinhas e entre os talhões de cultivo; a criação de microclimas mais propícios ao cultivo de hortaliças; a formação de áreas de refúgio e abrigo para inimigos naturais de pragas e outros pequenos animais úteis. Resumindo, a instalação dessas faixas de vegetação permite a criação de condições climáticas favoráveis à redução do estresse sofrido pelas plantas e é fundamental para o manejo fitossanitário da propriedade orgânica.

3.6.3 Áreas de refúgio

São áreas de vegetação para preservação e atração de inimigos naturais de pragas e pequenos predadores que auxiliam no controle de pragas. Essas áreas servem de refúgio para diversos insetos benéficos que se alimentam de fungos ou para organismos que, sem seus inimigos naturais, poderiam aniquilar a plantação. Esses nichos são formados pelas reservas de vegetação nativa, pelas faixas de cercas vivas ou cordões de contorno que circundam as áreas de cultivos e as comunidades de plantas invasoras ou

espontâneas. As áreas de refúgio garantem a preservação da fauna silvestre e a diversidade é essencial para o equilíbrio de várias espécies, contribuindo muito para o equilíbrio do sistema como um todo (Resende e Vidal, 2007).

3.6.4 Áreas de pousio

São áreas que garantem o “descanso” do solo, após cultivo intensivo, para reconstituir e conservar suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Devem permanecer coberta com alguma vegetação, que pode ser adubos verdes ou a vegetação natural da área. São importantes para garantir a manutenção da vida no solo.

3.7 Manejo do solo

Segundo Alcântara e Madeira (2007), o manejo do solo é o conjunto de todas as práticas aplicadas a determinado solo visando à produção agrícola. Inclui operações de cultivo, práticas culturais, práticas de correção e fertilização, entre outras. É a forma de cultivar e tratar o solo. É uma forma de planejar o solo “pensando em longo prazo”, ou seja, objetivando a construção da qualidade do solo com o tempo. Para o manejo orgânico do solo, temos os seguintes componentes:

- **Matéria orgânica:** é a parte do solo que já foi ou ainda é vida. É constituída de resíduos de origem vegetal ou animal, como esterco; restos de culturas que ficam no campo; palhadas, folhas, cascas e galhos de árvores; raízes de plantas; animais que vivem no solo, como cupins, formigas, besouros, fungos, bactérias e outros microrganismos.
- **Adubação verde:** é uma prática excelente em quantidade e qualidade de matéria orgânica. Em quantidade, porque os adubos verdes produzem muita massa vegetal e, em qualidade, porque essa massa é muito rica em nutrientes. Além disso, como se decompõe mais lentamente no solo, em comparação com os esterco e o composto, a matéria orgânica proveniente dos adubos verdes é um ótimo condicionador físico dos solos.
- **Cobertura morta:** É a palhada disposta sobre o solo para a realização do plantio direto ou cultivo mínimo. Espécies de adubos verdes, sejam de leguminosas, gramíneas ou plantas de outras famílias, podem ser utilizadas como plantas de cobertura.

De acordo com Santos e Santos (2008), o manejo orgânico prioriza práticas que proporcionem a manutenção e melhoria da qualidade do solo, por meio do revolvimento mínimo e do aumento dos teores de matéria orgânica e da atividade biológica. Desse modo, o manejo orgânico recomenda diversas práticas essenciais, como: a) plantio direto ou cultivo mínimo; b) rotação de culturas; c) plantio em faixas alternadas; d) coberturas mortas e vivas do solo; e e) cultivos de plantas protetoras do solo.

a) **Plantio direto ou cultivo mínimo:** Consiste em se preparar o solo para o plantio através do afrouxamento da terra somente no local da sementeira, ou seja, revolvendo-se somente no sulco (Santos e Santos, 2008). É uma prática muito utilizada e de fundamental importância, pois tem a vantagem de preservar os recursos hídricos, em consequência da redução da erosão, diminuindo o assoreamento dos cursos de água e o escoamento superficial, fazendo com que haja aumento de recarga dos aquíferos e da vazão dos rios nos períodos de estiagem, em virtude do aumento da infiltração.

b) **Rotação e consórcio de culturas:** São práticas que conservam a fertilidade do solo e fornecem produtos diferenciados para o consumo (Santos e Santos, 2008). A rotação de culturas tem a vantagem de conservar a fertilidade do solo e diminuir os efeitos da erosão, além de reduzir a incidência de pragas, doenças e ervas daninhas. A substituição de uma cultura que tem maior capacidade de extrair nutrientes do solo por outra com menor capacidade é altamente aconselhável, pois possibilita um melhor aproveitamento dos adubos adicionados no solo.

c) **Plantio em faixas alternadas:** Tem a finalidade de deixar o solo coberto de plantas, evitando-se problemas graves de erosão. É importante que o mesmo seja feito em curvas de nível, alternando culturas menos densas com culturas mais densas (SANTOS e SANTOS, 2008).

d) **coberturas mortas e vivas do solo:** A cobertura morta possibilita uma maior infiltração de água no solo contra o impacto das gotas de água, evitando a erosão do solo. A cobertura viva se baseia na redução do espaçamento das culturas, permitindo a proteção do solo contra a insolação direta e o impacto das

chuvas, sendo uma técnica utilizada em muitos países do mundo. No Brasil, o plantio de culturas utilizando-se espaçamentos muito largos ainda é uma prática bastante comum, principalmente no nordeste (SANTOS e SANTOS, 2008).

e) **cultivos de plantas protetoras do solo:** É uma forma de proteger o sol, utilizando de culturas consorciadas ou intercaladas, plantadas em épocas diferentes na mesma área explorada (SANTOS e SANTOS, 2008).

3.8 Adubação Orgânica

Segundo Santos e Santos (2008), os adubos orgânicos são os resíduos provenientes de origem animal ou vegetal, na forma sólida ou líquida, que podem ser utilizados para fertilização dos solos, sendo ricos em nutrientes, tais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes, especialmente o cobre e o zinco. Os resíduos orgânicos, além de fertilizarem o solo, são ativadores da microvida e melhoradores da estrutura e textura do solo, permitindo maior infiltração de água e maior aeração. Os adubos orgânicos de origem animal mais utilizados na forma sólida são os esterco de animais, o composto orgânico e o húmus de minhoca. Todos esses tipos de fertilizantes orgânicos passam por um processo de fermentação, durante alguns dias ou meses, até ficarem bem estabilizados e serem aproveitados pelas plantas. Para a fertilização dos solos com adubos orgânicos, deve haver incorporação dos mesmos nas covas de plantio, nos canteiros e nos sulcos para que possa haver melhorias das qualidades químicas e físicas dos solos, no entanto, a adubação das culturas também deve ser feita por cobertura.

Para suprir as necessidades das plantas, a adubação orgânica deve basear-se na composição média de nutrientes que o material orgânico contém e na proporção em que ocorrem, principalmente com relação ao nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O).

- Compostos orgânicos

O emprego de compostos orgânicos como base central de sistemas de produção orgânicos é uma tecnologia adotada no mundo inteiro. A riqueza nutricional e biológica dos compostos orgânicos depende do sistema e da forma preparo e dos materiais utilizados, podendo ocorrer grandes variações

de qualidade. No entanto, o composto orgânico auxilia sobremaneira no cultivo de plantas em sistemas de cultivo orgânico, permitindo melhorar as qualidades químicas, físicas e biológicas do solo e promover um desenvolvimento vegetativo adequado e produtividades elevadas no meio rural.

- Fertilização do solo com farinhas de rochas

De acordo com Santos e Santos (2008), as farinhas de rochas são utilizadas na fertilização do solo, adicionando macro e micronutrientes essenciais para o crescimento e produção das culturas. A farinha de rocha MB-4 é utilizada com sucesso pelos agricultores orgânicos, sendo rica em muitos elementos, no entanto, ainda não foram detectados e dimensionados todos os elementos químicos, embora em análise espectrográfica já tenham sido encontrados 29 elementos (silica, alumínio, ferro, cálcio, magnésio, sódio, potássio, fósforo, manganês, cobre, cobalto, zinco, enxofre, dentre outros).

- Húmus de minhoca

Além de conter todos os elementos que as plantas precisam para um desenvolvimento satisfatório, tais como nitrogênio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, manganês, ácidos húmicos, hormônios de crescimento, antibióticos e vitaminas, o húmus de minhoca introduz no solo bilhões de organismos úteis, que vão atuar no sentido de melhorarem as características do solo (estrutura, textura e porosidade), beneficiando o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. O húmus pode ser utilizado em cobertura ou incorporado ao solo, em quantidades variáveis, dependendo da cultura, da fertilidade do solo e da disponibilidade do produto.

- Urina de vaca

A urina de vaca em lactação pode ser utilizada como adubo orgânico, pois contém nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas, tais como potássio, nitrogênio, cloro e enxofre, proporcionando maior produção, podendo ser utilizada em praticamente todas as culturas. Além do mais, a urina de vaca contém substâncias que aumentam o poder de reação das plantas contra o ataque de doenças, denominadas de fenóis, bem como o ácido indolacético, que funciona como hormônio do crescimento. É um produto

encontrado com abundância em praticamente todos os lugares, podendo ser adquirida de graça, tendo efeito rápido e eficaz como adubo e defensivo.

- Biofertilizantes

O biofertilizante é um adubo orgânico, na forma líquida, resultante da fermentação de esterco, enriquecido ou não com outros resíduos orgânicos e nutrientes, em água (Santos e Santos, 2008; Burg e Mayer, 2006). É usado em pulverizações sobre as plantas em concentrações que variam de 1 a 5%, ou seja, na dosagem de 200 a 1000 *ml* para 20 *litros* de água. Deve-se ter o cuidado de evitar o uso de grandes concentrações, pois a planta necessitará de uma quantidade de água muito maior para manter o equilíbrio. Os biofertilizantes podem ser aplicados via foliar ou diretamente no solo. Em aplicações no solo, podem-se utilizar concentrações de até 20%. Apresentam efeitos nutricionais (fornecimento de micronutrientes) e fitossanitários, atuando diretamente no controle de alguns fitoparasitas por meio de substâncias com ação fungicida, bactericida ou inseticida presentes em sua composição. Parece atuar equilibrando e tonificando o metabolismo da planta, tornando-a mais resistente ao ataque de pragas e doenças.

Por usar componentes da própria propriedade, o biofertilizante tem diversas formulações, variando de região para região. Um exemplo de formulação é dada por Santos e Santos (2008), já validada em seus experimentos com sucesso. É o seguinte:

- Esterco bovino curtido (50 kg)
- melaço/rapadura (2 litros)
- cinza (1 kg)
- leite (2 litros)
- água (50 litros)

Deve-se mexer o material para homogeneização do produto. A partir do terceiro dia, fazem-se três adições de ingredientes, em intervalos de três dias, sendo acrescentados, de cada vez, 2 kg de farinha de rocha MB4, 1 kg de cinzas e 2 litros de leite, sendo que, na última aplicação, aos 12 dias, coloca-se mais 50 litros de água.

Para um melhor rendimento da propriedade, é recomendada uma análise de solo, que determina dos níveis de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, etc, possibilitando um diagnóstico mais preciso do estado nutricional do solo e uma preparação e/ou reposição de nutrientes para a adubação. Infelizmente esta prática não é muito comum entre os agricultores, devido à falta de informação e/ou acesso aos organismos de pesquisa.

Os agricultores têm feito relatos de ótimos resultados com o uso de biofertilizantes, tanto em produtividade, quanto em resistência a pragas e doenças.

3.9 Manejo de pragas e doenças

No controle ecológico de pragas e doenças, segundo Burg e Mayer (2006), não se combate o parasita, se trabalha no sentido de diminuir seu número e no fortalecimento da planta. Portanto, observamos as culturas, seus problemas nutricionais e sua adaptação às condições do local. Principalmente, se trabalha no sentido de melhorar as condições do solo, princípio básico de qualquer sistema equilibrado. As plantas costumam ficar suscetíveis ao ataque de pragas e doenças quando, entre outras coisas, não estão nutridas de forma equilibrada. O controle de insetos, fungos, ácaros, bactérias e viroses devem ser feito com medidas preventivas como:

- plantio em épocas corretas e com variedade adaptadas ao clima e ao solo da região;
- fazer uso de adubação orgânica;
- rotação de culturas e adubação verde;
- cobertura morta e plantio direto;
- consorciação de culturas e manejo seletivo de mato;
- evitar erosão do solo;
- fazer uso de adubação mineral de baixa solubilidade;
- uso de quebra ventos ou as chamadas faixas protetoras;
- reflorestamento da área para regular a temperatura, umidade do ar, o que ajuda a controlar a quantidade de chuva. Além disso, servem para

melhorar o equilíbrio entre praga e predador, já que a vegetação serve de abrigo para que ambas se desenvolvam;

- enriquecimento das sementes com micronutrientes dando origem a plantas mais fortes;

- nutrição equilibrada das plantas com micronutrientes e micronutrientes.

Existem inúmeras práticas para o reequilíbrio nutricional de plantas, cada tratamento é feito por tipo de cultura, como aplicações de caldas, fumo, óleos, cinza de madeira, calcário, etc.

Em relação a pragas, onde as técnicas preventivas não são suficientes, em função do clima, do sistema de produção não estar totalmente equilibrado e também por se fazer uso de variedades exóticas não adaptadas ao clima local, pode-se usar receitas, com produtos naturais ou biológicos, para controlar as pragas e doenças. São eles: inseticida de sabão e óleo mineral, cavalinha e camomila, soro de leite e água, óleo de neen, cebola-alho-água, etc.

Defensivos alternativos

São considerados defensivos alternativos todos os produtos químicos, biológicos, orgânicos ou naturais que possuem as seguintes características (PENTEADO, 2001):

- Praticamente não-tóxicos (grupo toxicológico IV);
- baixa ou nenhuma agressividade ao homem e à natureza;
- eficientes no combate aos insetos e aos microrganismos nocivos;
- não favorecem a ocorrência de formas de resistência de pragas e microorganismos;
- custo reduzido para aquisição e emprego;
- simplicidade quanto ao manejo e aplicação;
- boa disponibilidade para aquisição.

Os produtos considerados defensivos alternativos, com maiores possibilidades de emprego em cultivos comerciais, são: calda bordalesa, calda viçosa, calda sulfocálcica, supermagro, biofertilizantes, calda de fumo, sabão, cal virgem, cal hidratada, óleos, alho, etc.

3.10 Certificação orgânica

A certificação é o procedimento de verificação e de confirmação da conformidade do produto ou do processo com relação a padrões estabelecidos (Aquino e Assis, 2005). É um meio de assegurar, ao consumidor, o cumprimento desses padrões. A confirmação pode ser feita pelo produtor, diretamente ao consumidor. É o caso das vendas de cestas entregues em domicílio, onde uma relação de confiança é estabelecida entre o produto e o consumidor. A confirmação também pode ser feita pelo distribuidor. O melhor exemplo é a garantia apregoada por algumas empresas sobre a origem dos produtos expostos em seus supermercados. Entretanto, quando a cadeia de produção se torna complexa, mais distante fica o consumidor do produtor, surge a necessidade de uma confirmação feita por uma terceira pessoa, a certificadora. Normalmente, quando se fala em certificação, entende-se que os procedimentos são feitos por essa terceira pessoa, a certificadora, baseada num sistema independente de verificação de confirmação da conformidade.

Tanto os produtos como os processos e serviços podem ser certificados, e cada tipo de certificação deve desenvolver seus próprios procedimentos de verificação, bem como punições resultantes da não-observação dos padrões estabelecidos. Normalmente, a certificação da produção orgânica é um procedimento em vários níveis que certifica o produtor (os campos ou as facilidades usadas na produção), o sistema de produção, o processamento e o sistema de distribuição (incluindo a documentação e as medidas de precaução tomadas para manter a integridade do produto em toda a cadeia de custódia). O selo, que pode ser uma logomarca, é agregado à rotulagem do produto ao final do processo.

Para um produto ser certificado, toda a cadeia de produção e todos os operadores, incluindo os agricultores, os processadores, as indústrias, os exportadores, os importadores, os atacadistas, os distribuidores, bem como os pontos de venda, devem ser certificados como atuando em conformidade com os padrões e a regulamentação da agricultura orgânica. É possível que diversas certificadoras atuem na certificação de diferentes operadores de uma mesma cadeia.

A certificação orgânica tem sido um instrumento poderoso na criação de um ambiente de confiança para o mercado de produtos orgânicos (Rudgren, 1998a). A promessa de alimentos mais saudáveis, com enorme apelo aos consumidores que se dispõem a pagar mais por isso, obriga os produtores a garantir tal qualidade (WORLD TRADE ORGANIZATION, 1999). A seriedade no sistema de certificação é fator essencial para construir uma linha de exportação de produtos orgânicos, visto que a falta de credibilidade pode afetar seriamente a confiança do consumidor com relação aos produtos.

De acordo com Rundgren (1998b), a certificação traz outros benefícios:

- Facilita o planejamento da produção, pois há necessidade de documentação. Isso pode melhorar a eficiência da unidade de produção;
- Facilita o mercado, o serviço de extensão e a pesquisa. Os dados coletados pela certificação podem ser muito úteis para o planejamento do mercado, o trabalho de difusão e a pesquisa;
- Cria transparência, tornando pública a informação sobre produtores e produtos;
- Aumenta a credibilidade e melhora a imagem da agricultura orgânica; e
- Facilita a introdução de créditos especiais ou subsídios, porque define o grupo que será beneficiado.

3.10.1 Padrões da agricultura orgânica

A certificação de produtos orgânicos é o reconhecimento de que o produto foi produzido de acordo com os padrões de produção orgânica. Eles podem ser estabelecidos por associações de produtores que organizam um sistema de certificação, com regras e procedimentos, e passam a certificar os produtores associados em relação a esses padrões. Contudo, quando o país estabelece uma regulamentação oficial para a produção orgânica, então os padrões privados devem, no mínimo, atender aos padrões oficiais, embora possam acrescentar procedimentos especiais.

A certificadora pode usar padrões privados ou padrões oficiais para suas atividades ou pode usar padrões aceitos internacionalmente, como os estabelecidos pela IFOAM (INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC

AGRICULTURE MOVEMENTS, 2000) ou pelo Codex Alimentarius (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, 2001). Contudo, nos países onde o produto vai ser comercializado, as demandas regulatórias devem ser sempre consideradas, porque a certificação é uma mensagem dirigida ao consumidor.

A agricultura orgânica de hoje, é resultante de um amplo movimento formado por diversas correntes que buscam desenvolver sistemas alternativos para a produção de alimentos em harmonia com o homem e o meio ambiente. Cada corrente estabeleceu suas práticas. No início do movimento orgânico, não havia padrões, apenas princípios idealísticos como, por exemplo, promover a fertilidade do solo. À medida que os conhecimentos se acumularam, foram sendo estabelecidos métodos de manejo do solo, práticas de cultivo das plantas e de criação de animais, bem como tecnologias de processamento dos produtos que passaram a ser descritos na forma de padrões.

Os padrões constituem um arcabouço de práticas necessárias, permitidas, desejáveis ou proibidas no sistema de cultivo e no processamento orgânico. Os padrões são dinâmicos, o que significa que uma vez estabelecidos, devem ser continuamente revisados e desenvolvidos (IFOAM, 2000). Devem ser, também, formulados de modo claro e comunicados a todos os operadores participantes do sistema de certificação.

3.10.2 Padrões do IFOAM

Em 1972, foi fundada a Federação Internacional do Movimento de Agricultura Orgânica – IFOAM, uma ONG sediada em Bonn, Alemanha, que atualmente abriga 481 organizações, incluindo certificadoras, processadores, distribuidores e pesquisadores em 141 países (Rundgren, 1998a; Willer e Klicher, 2009). A IFOAM gerencia um sistema de avaliação e de acompanhamento para certificação, harmonizando, no contexto internacional, as normas técnicas relativas à agricultura orgânica. A sua missão é fornecer uma plataforma para troca de experiências e de cooperação, ao mesmo tempo em que se empenha em estabelecer padrões que sejam aceitos pelo movimento orgânico em todo o mundo.

A IFOAM não faz certificações de produtores nem estabelece padrões para serem seguidos por produtores. As normas da IFOAM estabelecem requisitos mínimos para o estabelecimento de padrões regionais, nacionais ou privados. Fornece as condições mínimas para que produtos possam ser considerados orgânicos e estabelece condições para o serviço de inspeção e de certificação de produtores orgânicos, preocupando-se em dar consistência e coerência para a diversidade de práticas que constituem a essência da agricultura orgânica (Rundgren, 1998a).

A IFOAM define como orgânicos todos os sistemas agrícolas que produzem alimentos e fibras de forma correta, sem danificar o meio ambiente e voltados para a melhoria da qualidade de vida dos consumidores e para as questões socioeconômicas. Esses sistemas consideram a fertilidade do solo com fator de sucesso para a produção. Respeitando-se as capacidades naturais de plantas, de animais e do ambiente, a qualidade é otimizada em todos os aspectos agronômicos e ecológicos.

3.10.3 Codex Alimentarius

A comissão foi estabelecida em 1962 para executar o programa conjunto da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação – FAO - e a Organização Mundial de Saúde – OMS - sobre normas alimentares, com a finalidade de proteger a saúde dos consumidores, facilitar o comércio internacional e assegurar práticas equitativas no comércio de alimentos e promover a coordenação internacional de todos os padrões de alimentos (Rundgren, 1998a). Essa comissão é formada por representantes dos governos dos países membros. As suas normas representam o consenso internacional sobre cada tema e fornecem o arcabouço para o desenvolvimento de regulamentações nacionais.

Em 1991, a comissão de rotulagem iniciou a discussão sobre as normas para produtos orgânicos, que culminou com a publicação em 1999, das *Normas para Produção, Processamento, Rotulagem e Marketing de Alimentos de Origem Vegetal Organicamente Produzidos* e que, desde 2001, incluem também, a produção animal (bovinos, eqüinos, ovinos, caprinos, suínos, aves e apicultura).

A formulação das Normas Codex foi baseada nos padrões da IFOAM, cujo delegado participa dos trabalhos. As Normas Codex para alimentos orgânicos representam requerimentos mínimos para que um produto possa ser rotulado como orgânico no mercado internacional e contêm, também, disposições de caráter consultivo, na forma de diretrizes, práticas, e recomendações para ajudar a alcançar os objetivos finais do Codex Alimentarius, que é a harmonização dos requisitos para os produtos orgânicos em nível internacional e o assessoramento dos governos quanto aos regulamentos nacionais nessa área.

3.10.4 Certificação de produtos orgânicos no Brasil

No Brasil, o aumento da demanda de produtos orgânicos para exportação impulsionou o interesse pela agricultura orgânica. As regras da certificação orgânica no Brasil estão expressas no Decreto nº 6323 publicado em 29 de dezembro de 2007, no Diário Oficial da União. A legislação, que regulamenta a Lei nº 10.831/2003, inclui a produção, armazenamento, rotulagem, transporte, certificação, comercialização e fiscalização dos produtos.

A certificação dos produtos para o mercado interno tem sido feita por associações de produtores e ONGs. No mercado de exportação, o Instituto Biodinâmico é a única certificadora brasileira com creditação pela IFOAM, mas nos últimos anos, várias certificadoras estrangeiras abriram filiais ou estabeleceram parcerias com certificadoras brasileiras, visando, ocasionalmente, o mercado de exportação, conforme é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Certificadoras em operação no mercado orgânico brasileiro.



Fonte: <http://www.planetaorganico.com.br/qcertif.htm>, acesso em Abril de 2009.

3.11 A agricultura convencional

Segundo Fernandes et al (2005), como pacote tecnológico, chamado de “revolução verde”, adotado a partir da Segunda Guerra Mundial, a modernização da agricultura levou à adoção de práticas corriqueiras, como:

- Simplificação dos agroecossistemas por meio da adoção de sistemas de produção baseados na monocultura.
- Sobreposição de ciclos culturais.
- Mecanização intensiva.
- Irrigações pesadas.
- Adubações muitas vezes excessivas, especialmente com uso de fertilizantes altamente solúveis e uso indiscriminado e massivo de agrotóxicos, com alto aporte de dependência de insumos externos de alto custo (HORNE e MCDERMOTT, 2001).

Tais práticas incrementaram a produção mundial de alimentos para patamares nunca antes alcançados. Contudo, ainda na década de 1960, os efeitos negativos da adoção dessas práticas, tais como erosão, contaminação dos solos e de mananciais, perda de diversidade da fauna e da flora, ressurgimento e resistência de pragas aos agrotóxicos, começaram a ser notados. Esse modelo de produção tem contribuído para o crescente e acelerado desequilíbrio ecológico dos agroecossistemas (PINHEIRO et al, 1985).

Charboussou (1987) acredita na relação direta entre a incidência de fitoparasitas e práticas rotineiras da agricultura convencional, entre elas o uso de adubos de alta solubilidade e de uma série de agrotóxicos, incluindo os herbicidas, ou ainda, de indutores de estresse que interfiram na fisiologia das plantas, como, por exemplo, regiões e épocas inadequadas de plantio. Segundo sua teoria da Trofobiose, esses procedimentos podem desencadear desequilíbrios nos processos de síntese de proteínas (proteossíntese) e de liberação de aminoácidos (proteólise). Assim, a maior disponibilidade de aminoácidos livres e diretamente aproveitáveis na seiva das plantas estaria correlacionada ao aumento dos níveis populacionais dos fitoparasitas. O desequilíbrio nutricional das plantas gera a reprodução exagerada de insetos,

ácaros, fungos, bactérias e nematóides, que acabam se tornando pragas altamente danosas às lavouras. Aplicam-se agrotóxicos, buscando-se reduzir drasticamente as populações desses organismos; contudo, permanece o desequilíbrio, quer seja no metabolismo das plantas, quer seja na constituição físico-química e biológica do solo ou nas cadeias tróficas.

Assim, mantendo as causas, os efeitos prejudiciais cedo ou tarde reaparecerão, exigindo maior frequência de tratamentos ou doses mais elevadas de agrotóxicos, formando-se um verdadeiro círculo vicioso, conhecido como “a espiral dos agrotóxicos”, pois o foco da agricultura convencional é o tratamento dos sintomas, isto é, um tratamento curativo.

Portanto, abordagens mais ecológicas devem intervir na causa do problema das pragas, e não tratar os sintomas, o que dá a tais abordagens um caráter preventivo. Na agricultura orgânica, por exemplo, o controle de fitoparasitas é calcado em medidas antiestresse, que permitam que as plantas expressem plenamente seus mecanismos naturais de defesa (Akiba et al., 1999). Assim, as abordagens mais ecológicas pressupõem o desenho de sistemas agrícolas mais diversificados que os sistemas convencionais.

Por meio da diversificação de cultivos, incorporam-se, aos sistemas agrícolas, processos ecológicos com auto-regulação das populações e ciclagem de nutrientes, que lhes conferem maior estabilidade, resistência a perturbações e a capacidade de recuperar-se de eventos de estresse (Altieri et al., 2003).

Portanto, o uso da biodiversidade – esse termo é comumente usado para fazer referência a uma combinação de diversidade de espécie e diversidade genética - leva a uma nova perspectiva para o manejo de pragas, um perspectiva mais ecológica, holística, integradora e sustentável, que defina o manejo ecológico de fitoparasitas.

3.12 Agricultura orgânica versus a agricultura convencional

Observamos que desde o preparo do solo até sintomas causados pelo meio ambiente estão presentes nos dois tipos citados de sistema de cultivo. O cultivo orgânico sempre com uma relação mais “humana” com a terra enquanto que o cultivo convencional apenas baseado na rentabilidade e agredindo muito

o solo, a planta e todo o sistema. Na Tabela 4, vemos um comparativo dos dois sistemas.

Na agricultura orgânica, os alimentos orgânicos são mais saudáveis por não usarem agroquímicos, há uma melhor conservação da biodiversidade, pouco impacto ambiental, a saúde do trabalhador rural é preservada por utilizar insumos naturais, e o consumidor final leva um produto de alta qualidade.

Tabela 4 - Manejo Orgânico versus Manejo Convencional.

| Características | Sistema de Cultivo | |
|--|---|---|
| | Convencional | Orgânico |
| Preparo do solo | Intenso revolvimento de solo: o solo é apenas um suporte para as plantas | Mínimo revolvimento do solo : o solo é um organismo vivo |
| adubação | Uso de adubos químicos altamente solúveis (uréia, super simples, cloreto K, NPK etc.) | Uso de adubos orgânicos de baixa solubilidade (esterco, compostos, biofertilizantes, adubos verdes, rochas naturais moídas) |
| controle de pragas e doenças | Uso de produtos químicos (inseticidas, fungicidas, nematicidas) | A base de medidas preventivas e produtos naturais pouco tóxicas (baculovírus, iscas, armadilhas) |
| controle de invasoras | Uso de herbicidas ou controle integrado (incluindo químico) | Controle integrado (mecânico, cultural, biológico) e curativo (capinas e roçadeiras) |
| Possíveis sintomas ao meio ambiente | Contaminação das águas por agroquímicos | Contaminação das águas por coliformes (em caso de uso excessivo de esterco) |

Fonte: DALROT, 2007

Na Tabela 5, temos a comparação ente o composto orgânico e o adubo químico.

Tabela 5 - Comparação do composto e esterco curtido com o adubo químico.

| | Composto e esterco curtido | Adubos químicos |
|----|---|--|
| 1 | é barato | é caro |
| 2 | Não mata | Pode matar |
| 3 | Segura mais água na terra | Seca mais rápido a terra |
| 4 | O nome é fácil | Os nomes são complicados e tem fórmulas |
| 5 | Não tem embalagem | Precisa de embalagem e que vazia hoje é um problema |
| 6 | Nós é que fazemos | As indústrias é que fazem |
| 7 | Não paga frete | O frete é caro |
| 8 | Quanto mais usa melhor | Se usar muito estraga a terra, mata microorganismos e plantas |
| 9 | Protege o solo e evita erosão | Corrói o solo e o bolso |
| 10 | Não vicia a terra | Vicia a terra (se não botar, não dá nada) |
| 11 | É bom para a saúde da terra, animais e plantas, mesmo em grande quantidade | É ruim para a saúde da terra, mata os pequenos animais e plantas se usar em doses elevadas |
| 12 | Aproveitamos tudo da roça. Restos de palha, capim, esterco de animais, folhas secas, etc. | Não aproveitamos nada da roça (vem pronto das indústrias) |
| 13 | Reforça a luta do trabalhador que vê proveito no seu esforço | Reforça o bolso dos industriais que produzem e vendem |
| 14 | Não amarra o agricultor ao bancos | Deixa o agricultor com o rabo preso aos bancos |
| 15 | Todo agricultor pode fazer e usar | Só quem tem muito dinheiro pode comprar |
| 16 | Não aumenta o preço com a inflação | O preço depende da inflação |

Fonte: Centro rural de formação de Jovens, Alagoa Grande, 2008

3.13 Algumas propriedades com manejos orgânicos

Foram feitas diversas visitas em propriedades com manejo orgânico, em regiões próximas à cidade de Campina Grande, Paraíba. Outras foram pesquisadas em artigos e internet. Merecem destaque as seguintes propriedades:

3.13.1 Propriedade 1: Sítio Utopia

Localizado no município de Alagoa Nova, no Estado da Paraíba, o sítio Utopia está inserido na microrregião do brejo paraibano, numa altitude média situada no nível de 530 metros, a 98 km da capital, com relevo constituído por vales profundos e estreitos dissecados. A fertilidade dos solos é variada, com certa predominância de média para alta. O clima é do tipo tropical chuvoso, com verão seco. A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo se adiantar até outubro (BELTRÃO, 2005a).

Esta propriedade possui uma área de 20 ha, sendo 10 ha destinados a uma reserva particular (com 12 anos de existência, onde possui árvores como Capoeira, Sucupira, Embaúba, dentre outros) e os outros 10 ha para o cultivo. O objetivo principal é a exploração da atividade agrícola, o comércio de produtos da horticultura, fruticultura, geléias e mel. O manejo orgânico existe há cerca de 15 anos nesta propriedade (Foto 4).



Foto 4 - Sítio utopia.
Fonte: Dados da Pesquisa

A adubação é realizada via um biofertilizante, que é composto de esterco de gado, água, restos de cultura, pó de rocha (MB4 – Mineração Barreto experimento 4) e fosfato natural (Foto 5).



Foto 5 - o biofertilizante
Fonte: Dados da pesquisa

Na propriedade existem 180 culturas, entre frutas (banana, jaca, mamão, manga, abacate, etc.) e hortaliças (espinafre, couve, alface, etc.). Algumas culturas são cultivadas num sistema de consórcio.

A produtividade das culturas orgânicas na propriedade ficou em torno de 20% a menos que a prática da agricultura convencional (usando agrotóxicos), mas ela é constante e progressiva na propriedade.

Como canal de vendas, o produtor tem parceria com um restaurante ecológico na cidade de João Pessoa, tem um grupo fixo de consumidores e às vezes participa de feiras livres.

Quanto ao selo de certificação, ainda é difícil para um pequeno agricultor adquirir, pois, segundo o proprietário, existia o requerimento de um pagamento de R\$ 7.000,00, além de uma taxa de manutenção anual, o que para ele era inviável (dados de fevereiro de 2008 informados pelo proprietário).

3.13.2 Propriedade 2: Assentamentos MST em Remígio – Paraíba

Localizados no município de Remígio, no Estado da Paraíba, os dois assentamentos visitados estão inseridos na mesorregião do agreste paraibano, numa altitude média situada no nível de 593 metros, a 110 km da capital, com relevo constituído por vales profundos e estreitos dissecados. A fertilidade dos solos é variada, com certa predominância de média para alta. O clima é do tipo tropical chuvoso, com verão seco. A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo se adiantar até outubro (BELTRÃO, 2005b).

. O **Assentamento Antônio Diniz** (MST), é uma agrovila, com 3.200 ha, onde moram 150 famílias. O manejo orgânico iniciou em 2005, as principais culturas utilizadas são: algodão, milho, feijão, coentro, girassol, amendoim, dentre outros.

A cultura principal é o algodão, que é certificada pelo IBD, mas toda sua safra é vendida para YD confecções de São Paulo, que também paga a certificação. O valor pago pelo algodão orgânico é 25% superior ao valor do algodão obtido pela agricultura convencional. Atualmente existem 52 agricultores envolvidos e a safra colhida em 2007 foi de 5 toneladas.

O Biofertilizante, feito na propriedade, é um composto de esterco de boi, folhas, casca de ovo, mel de rapadura, leite e água.

No combate a pragas, o nim, a manipoeira e a calda do cal são usados com eficiência. O consórcio com o coentro, que é um ótimo repelente de pragas, também tem sido bastante usado.

O reflorestamento da região tem recebido estímulos de órgãos como o IBAMA, o BNB (Banco do Nordeste do Brasil) e o Banco do Brasil. Existe uma criação de mudas ao ar livre (Foto 6), onde é composta de pinha, linhaça, muringa, dentre outros. Um bolsista do BNB cuida da evolução das mudas, para um futuro transplântio para a área de reflorestamento.



Foto 6 - Criação de mudas ao ar livre
Fonte: Dados da pesquisa

As culturas de coentro, milho, feijão, fumo e batata, milho e algodão, são plantadas em regime de consórcio, respeitando a época de plantio de cada uma.

O **Assentamento Queimadas** (MST), iniciou o manejo orgânico em 2004, liderado pelo agricultor José de Sinésio, que foi quem conseguiu combater o bicudo utilizando uma técnica de manejo que aumenta o espaçamento entre culturas. Possui 30 ha de área e cerca de 20% da região está sendo transformada em reserva florestal.

Como biofertilizante é usado o esterco de gado, água, rapadura, leite de vaca grosso e mata do pasto. Segundo o proprietário, o biofertilizante é melhor que o estrume, que só atua a partir do 2º ano (Foto 7).

As culturas utilizadas são: algodão, milho, feijão carioca, girassol, guandu e sorgo. Tem, ainda plantações em consórcio: feijão-algodão e milho-girassol. Em relação a produtividade do algodão, segundo o proprietário, chega a ser igual ou até maior que antes, quando se utilizava o manejo convencional.



Foto 7 - Mato com palha de milho e melaço para ser usado como biofertilizante.
Fonte: Dados da Pesquisa

3.13.3 Propriedade 3: Sítio Oiti

Localizada no município de Lagoa Seca, no Estado da Paraíba, o sítio Oiti está inserido na mesorregião do Agreste paraibano, numa altitude média situada no nível de 640 metros, a 110 km da capital, com relevo constituído por vales profundos e estreitos dissecados. A fertilidade dos solos é variada, com certa predominância de média para alta. O clima é do tipo tropical chuvoso, com verão seco. A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo se adiantar até outubro (BELTRÃO, 2005c).

Possui uma área de 6 ha plantada e uma mata nativa de 50 ha (Foto 8). Esta propriedade passou por duas fases: a 1ª fase foi de 1986 a 1996, onde a prática agrícola utilizava agrotóxicos. O proprietário relatou que ocorreram mais gastos e mais perdas naquela época. A partir de 1997, na 2ª fase, foi iniciada a prática da agricultura orgânica. O objetivo principal é a exploração da atividade agrícola (horticultura e fruticultura) e a suinocultura.

No sítio Oiti são cultivados: batatinha, beterraba, coentro, couve, pepino, cenoura, chuchu, pimentão, banana, maracujá e mamão, dentre outros (Foto 9)., além da criação de porcos. É usado um sistema de irrigação por micro-aspersão e irrigação localizada com o uso de uma motobomba de 7 CV.



Foto 8 - Sítio Oiti e a mata nativa ao fundo.
Fonte: Dados da Pesquisa



Foto 9 - Algumas culturas do Sítio Oiti.
Fonte: Dados da pesquisa

O proprietário tem testado várias formulações de biofertilizantes, sendo uma delas constituída por esterco de gado, mel de engenho, leite, cinza e o MB4. Também tem sido utilizado um composto feito com capim, esterco de porco e folhas (Foto 10) e outra formulação é composta de pó de telha, terra, pó de osso e MB4.



Foto 10 - Um dos compostos (capim, esterco de porco e folhas) utilizado como biofertilizante.
Fonte: Dados da pesquisa

Segundo o produtor, a produtividade tem sido a mesma em relação a agricultura convencional nestes 10 anos de observação. O custo de produção é bem mais barato, mas é preciso uma maior mão de obra para manter a propriedade.

Em relação a comercialização, ele fornece seus produtos para 3 restaurantes da cidade de Campina Grande, além de fazer a venda direta (por telefone) aos consumidores.

3.13.4 Propriedade 4: Fazenda Tamanduá

Localizada no município de Santa Teresinha, próximo a cidade de Patos, estado da Paraíba, a Fazenda Tamanduá está inserida na microrregião do Baixo Sertão do Piranhas (Sertão da Paraíba), se encontra a 7° Latitude Sul e a 400 km de João Pessoa e com uma altitude média situada no nível de 250 metros. Apresenta um clima com uma estação seca e outra chuvosa e média anual das precipitações pluviométricas está em torno de 600 mm. Possui uma área de 3.073 ha, tem uma Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN) que abrange 325 ha e tem por objeto a exploração da atividade agrícola, pecuária e o comércio e a exportação de produtos da horticultura, fruticultura e pecuária (SILVA, 2005).

Em 1998 adotou o sistema orgânico de produção, seguindo as determinações do Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento (IBD) e, em 2000, passou a exportar mangas para a Europa.

Hoje, a Fazenda conta com quinze açudes para captação e armazenamento de até quatro milhões de metros cúbicos de água para atender à atividade agrícola e pecuária. Para a irrigação da manga são utilizados três açudes com aproximadamente oitocentos mil metros cúbicos de água e na ausência de chuvas a irrigação é completada com água de poços artesianos.

O manejo da propriedade é do tipo biodinâmico. Esse manejo é caracterizado pelo uso de preparados à base de plantas medicinais. A fazenda está obtendo a certificação do selo Deméter, que é concedida pelo Instituto Biodinâmico- IBD, que identifica os produtores e os produtos biodinâmicos.

A adubação é feita com composto feito na propriedade (Foto 11). O composto é feito com serragem de jurema e algaroba, árvores típicas do sertão nordestino que são encontradas em grande quantidade na propriedade. As árvores são destocadas e serradas em pedaços menores, posteriormente são passadas em um implemento que faz a serragem e é armazenada para ser misturada com o esterco recolhido no curral. A proporção usada é de uma parte do material rico em nitrogênio (esterco bovino) para duas partes de material rico em carbono (jurema e a algaroba). São usados também restos velhos dos silos e subprodutos do galpão de desidratação, como a coroa do abacaxi. Os montes formados são de pequeno tamanho, com dimensões de 2 metros de largura, 1,80 metros de altura e 3 metros de comprimento. Para a formação do monte, os produtos estão dispostos em camadas. Essas pilhas de composto são diariamente molhadas para manter a umidade ideal entre 50 a 60%.



Foto 11 - O composto orgânico.
Fonte: Silva, 2005

Devido à alta incidência solar, aos constantes ventos e a grande superfície de contato das pilhas, a umidade se perde rapidamente. Após 30 ou 45 dias, cada dois montes se tornarão um só no primeiro revolvimento. É nessa época que os preparados biodinâmicos são aplicados nas pilhas dispostas na forma correta. O tempo de compostagem deve durar em média 120 a 150 dias.

A época de aplicação desse composto é de dois a três meses depois do término da colheita.

Como fonte de fósforo a fazenda usa o Fosfato de Irecê, que é um pó de rocha permitido na agricultura orgânica e biodinâmica. Essa fonte de fósforo deve ser aplicada no primeiro mês do ano. A aplicação nesta época é feita para que se possa aproveitar o período de chuvas para o adubo ser incorporado ao solo.

A fonte dos micronutrientes além do composto é um biofertilizante, uma calda fermentada chamada calda de oligoelementos. Essa calda é preparada com água, esterco, composto e sais dos micronutrientes.

A adubação verde é feita com Calopogônio e soja perene. As quantidades são 4Kg/ha de cada. A semeadura ocorre após o término de cada colheita. O local da semeadura deve ser próximo à copa. Essa adubação verde deve ser roçada após completar o terceiro mês de desenvolvimento. Ela é deixada como cobertura morta em cima do solo.

Como tratamentos culturais, são praticados três tipos de poda: a poda de condução, a poda de abertura, e a poda de rebaixamento.

Os produtos obtidos da fazenda são:

a) Mangas orgânicas in natura

A área do pomar é cerca de 27 hectares, com uma produção anual de 250 toneladas. O espaçamento usado na cultura é de 10x10m, o total de árvores do pomar é 2.700. A produtividade média varia entre 10 a 15 ton/ha, o que é aproximadamente igual ao cultivo com agrotóxicos, comparativo com base em BNB (2008a).

A fazenda tem mais de 3.000 pés de mangueiras enxertadas das variedades *Tommy Atkins* e *Keitt* (Foto 12). São variedades com alta produção. Os frutos são bem aceitos no mercado e têm boa resistência contra as principais doenças da mangueira. Os porta-enxertos utilizados são os de manga Espada, Coração-de-boi e Coquinho. Essas variedades são facilmente encontradas na região e apresentam uma boa rusticidade sendo pouco suscetível às doenças e pragas.

As mangas são certificadas pelo IBD - Instituto Biodinâmico e pela Demeter, Associação Ecológica Internacional. A maior parte é exportada para a Europa, utilizando uma estrutura própria que conta com um packing house e uma câmara frigorífica com capacidade para 26 pallets.



Foto 12 - Manguueiras.
Fonte: Silva, 2005

b) Mangas orgânicas desidratadas

As mangas *in natura* não selecionadas para exportação são separadas por data e área de colheita e estocadas até chegar a um grau de maturação perfeito. Depois, são descascadas, fatiadas, e dispostas em bandejas para passarem por um processo de desidratação em um secador que retira toda a umidade dos frutos a temperaturas que não excedem 50°C. O sistema de desidratação, que inclui as instalações e o processo, foi certificado pelo IBD em 2002, e tem a fiscalização do ministério da saúde e da SUDEMA-Superintendência do Meio Ambiente Estadual (Foto 13).



Foto 13 - Mangas desidratadas embaladas.
Fonte: Silva, 2005

c) Queijos orgânicos

O leite utilizado na fabricação dos queijos é produzido por vacas da raça pardo suíça, aclimatadas ao clima do sertão e de uma rusticidade a toda prova. Todo o leite é processado em uma queijeira própria e rende em média 2.500 quilos de queijos orgânicos/mês certificados pelo IBD e fiscalizados pelo Ministério da Agricultura, através do Serviço de Inspeção Federal – SIF (Foto 14).

A Fazenda produz quatro tipos de queijo: três de origem europeia (*Saint Paulin*, *Reblochon* e a *Ricota*), e um de origem tipicamente nordestina, o de coalho (Foto 15).



Foto 14 - Fabricação de queijos.
Fonte: Silva, 2005



Foto 15 - Queijo de coalho orgânico.
Fonte: Silva, 2005

D) Mel Orgânico

Em outubro de 2002 O IBD certificou o processo de apicultura implantado na Fazenda Tamanduá. As abelhas (*Apis mellifera*) foram inicialmente obtidas a partir de enxames migratórios capturados. Hoje, parte vem de divisão de famílias selecionadas já existentes nos apiários da propriedade. A cera alveolada já é produzida a partir das próprias abelhas.

4. Metodologia

Para ser feita uma análise multiobjetivo do manejo da agricultura convencional e da agricultura orgânica, foram realizadas as seguintes etapas:

4.1 Escolha da região de estudo e das culturas

A região de estudo é de fundamental importância para a determinação das culturas. Na nossa pesquisa, foram escolhidas as áreas irrigadas da cidade de Boqueirão, Paraíba, e as culturas selecionadas foram selecionadas em visita de campo, refletindo a realidade do local.

4.2 Elaboração de planilhas quantitativas

Essas planilhas contêm dados financeiros e quantitativos relativos a cada cultura, tais como:

- a) preparo do solo (aração e gradagem, sulcamento, etc)
- b) plantio (transplante, preparo da sementeira, preparo dos canteiros, adubação de fundação, etc)
- c) tratamentos culturais (capinas, aplicação de defensivos, aplicação de cobertura, manejo da irrigação)
- d) colheita (corte, embalagem, classificação, etc)
- e) insumos (adubação orgânica, adubação química (composto NPK), uso de fertilizantes, inseticidas, fungicidas, herbicidas, etc)

As planilhas foram obtidas no Banco do Nordeste (BNB, 2008b) e adaptadas para o uso na agricultura orgânica (auxiliado pelos agrônomos da EMATER, Paraíba).

4.3 Compilação dos dados e uso do modelo

Por ser um SAD de certa complexidade, foi necessária uma aquisição detalhada de dados, como por exemplo: dados climatológicos (precipitação, evaporação), vazões, dados estruturais (volume máximo, volume mínimo, vazão do extravasador, vazão regularizada, $Cota \times Área \times Volume$), dados culturais (plano cultural, produtividade, preço unitário, custo de produção, preço

de venda, coeficientes de cultivo), dados sobre áreas irrigadas (áreas máximas e mínimas, tipo de sistema de irrigação), etc.

Depois de compilados todos os dados, foram realizados cenários de otimização, levando em conta o critério multiobjetivo (receita líquida, mão-de-obra, uso de adubação e defensivos químicos). Também foram gerados indicadores de eficiência e sustentabilidade do reservatório, indicadores de desempenho das áreas irrigadas. A seguir, detalharemos cada uma das etapas.

4.1 Etapa 1: Escolha da região de estudo e das culturas

4.1.1 Introdução

O açude público Epitácio Pessoa, conhecido por açude de Boqueirão, encontra-se geograficamente localizado entre as coordenadas 07°28'4" e 07°33'32" da latitude sul, 36°08'23" e 36°16'51" de longitude oeste, a 420m de altitude (DNOCS, 2007; DNOCS, 1963), localizado no município de Boqueirão, Paraíba, próximo ao limite entre as regiões do Alto e do Médio curso do Rio Paraíba, trata-se de um reservatório situado em plena região semi-árida, na região dos Cariris Velhos, na Paraíba. Situa-se a oeste de João Pessoa, a cerca de 45 km da cidade de Campina Grande. A bacia hidráulica se estende pelos municípios de Boqueirão (Alto/Médio Paraíba), Barra de São Miguel (Alto Paraíba) e Cabaceiras (sub-bacia do Rio Taperoá) (Figura 4).

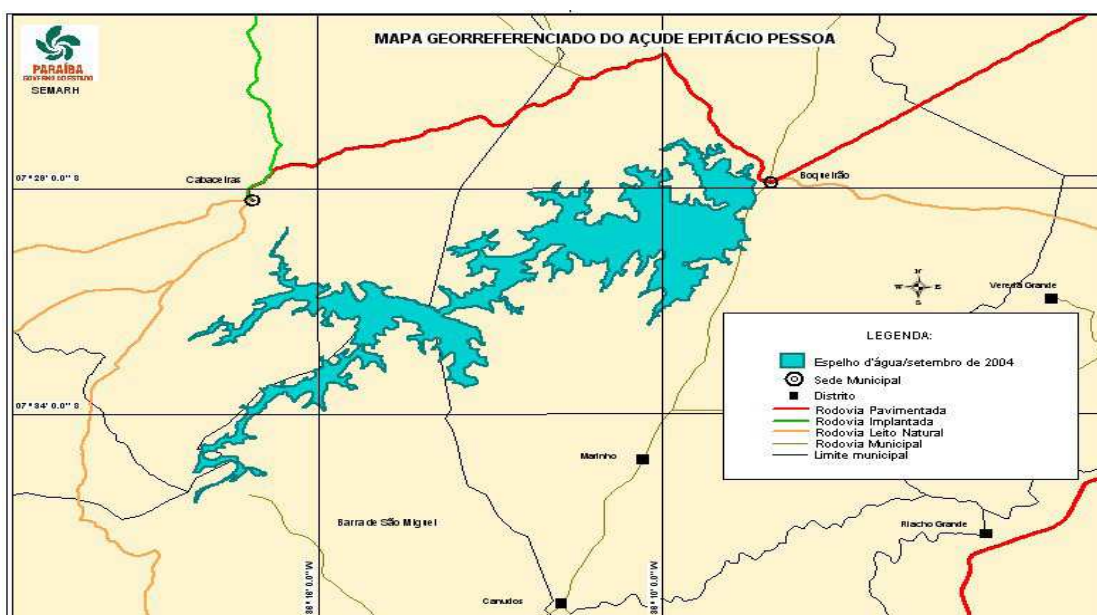


Figura 4 - Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), espelho d'água correspondente a cota 377,55 em setembro/2004.

Fonte: SEMARH, 2004.

Trata-se de um reservatório de grande importância sócio-econômica na região polarizada pela cidade de Campina Grande, cuja população é aproximadamente 371.060 habitantes (IBGE, 2008), situada no Estado da Paraíba, além de ser responsável pelo abastecimento desta cidade e de todo o compartimento da Borborema, abrangendo uma população aproximada de 506.734 habitantes (SEMARH, 2006).

A contribuição do fluxo para Boqueirão (Foto 16) vem das sub-bacias do Alto Paraíba e do Taperoá. Os cursos de águas naturais que cortam a região em estudo e que beneficiam de alguma forma o solo e a produção agropecuária da região são os seguintes: Rio Paraíba, Rio Taperoá, Riacho do Marinho Velho, Riacho da Perna, Riacho dos Canudos, Riacho da Ramada, Riacho da Relva e Riacho do Feijão.



Foto 16 - Açude Epitácio Pessoa - Boqueirão (Maio, 2008)
Fonte: Dados da pesquisa

A capacidade de acumulação deste açude vem diminuindo ao longo do tempo devido ao assoreamento de sua bacia hidráulica, a bacia de contribuição cobre uma área de 12.410 km², sendo atualmente a sua capacidade de

acumulação de aproximadamente 411.686.287 m³ na cota 361 (SEMARH, 2004; DNOCS, 2008). Originalmente, o açude tinha seu uso previsto para: perenização do rio Paraíba, geração de energia elétrica, abastecimento d'água, irrigação, piscicultura e turismo. Os projetos de piscicultura e turismo aconteceram em pequena escala, enquanto o de geração de energia elétrica não foi implantado, sendo implantado o projeto de abastecimento d'água. Existe irrigação no perímetro do açude, mas não foi constado um planejamento. Atualmente, a principal destinação de suas águas é para o abastecimento humano e possui os seguintes sistemas adutores: Sistema Campina Grande, Sistema Adutor do Cariri e Sistema Canudos (desativado atualmente).

O Sistema Adutor de Campina Grande engloba as seguintes localidades: Campina Grande, Barra de Santana, Queimadas, Caturité, Pocinhos, Galante e São José da Mata. Já o Sistema Canudos é composto por: Riacho de Santo Antônio e Canudos. Por fim, o Sistema Adutor do Cariri abrange os seguintes municípios: Boa Vista, Soledade, Jazeirinho, Seridó, São Vicente do Seridó, Pedra Lavrada, Cubatí, Boqueirão, Cabaceiras e Olivedos (ARAGÃO, 2008).

4.1.2 O Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão)

As obras apresentaram um período de construção de quatro anos, sendo a barragem construída pelo DNOCS (Departamento de Obras contra a Seca) em duas etapas. Em julho de 1953, as obras referentes às fundações foram iniciadas, transcorrendo a execução por um período de seis meses, ocasião em que o inverno impediu o prosseguimento dos trabalhos. Reiniciados os trabalhos em meados de 1954, de forma completadas as obras de fundação e elevado o aterro a uma altura de aproximadamente 30m, marcando o término da primeira etapa. Os trabalhos finais que corresponderam a segunda etapa consistiram da complementação do maciço e compreenderam o período de junho de 1955 a novembro de 1956 (DNOCS, 1963). Pouco depois de sua conclusão, a barragem recebeu um grande volume d'água (320 milhões de m³), após o que, o reservatório foi esvaziado.

4.1.3 Características hidrológicas (DNOCS, 2007; DNOCS, 1963)

Área da bacia hidrográfica: 12.410 km²

Pluviometria anual média: 661mm

Deflúvio médio anual: $138 \times 10^6 \text{ m}^3$

Vazão regularizada bruta: $4,2 \text{ m}^3/\text{s}$ com uma garantia de 90%

Vazão regularizada líquida: $2,24 \text{ m}^3/\text{s}$ com uma garantia de 90% de permanência

4.1.4 Geologia e geotecnia

A geologia do local da obra é representada por migmalitos gnáissicos, fundamentalmente xistosos, pertencentes ao embasamento cristalino, que apresentam pequenos dobramentos, evidenciando assim a atuação dos esforços tectônicos. Entrecortando esta rocha, ocorrem, na ombreira direita, dois diques de metal quartzo-feldspato. A rocha se apresenta pouca a mediamente alterada, muito fraturada e com grande número de fraturas abertas (DNOCS, 2007; DNOCS, 1963).

A concepção do projeto compreende um conjunto de obras de terra e concreto que tem como objetivo uma adaptação econômica às características topográficas e geológicas do local da obra. O conjunto de obras consiste de duas barragens de terra de seção homogênea, uma fechando o vale principal e uma barragem auxiliar na margem direita junto a um dos dois sangradouros, também localizados na mesma margem. Ainda na margem direita existe um túnel adutor, que alimenta uma hidrelétrica.

4.1.5 Barragens principal e auxiliar

A barragem principal em seção homogênea tem altura máxima de 55,70 m, largura do coroamento de 8m e extensão de 347m. Está assente em rocha sã. A inclinação do talude de montante é variável com a altura, sendo: 1V:2,5H entre as cotas 383,36 e 354,36; 1V:3H entre as cotas 354,36 e 343,36. O talude a jusante tem inclinação constante de 1V:2,5H e três banquetas com 2,25m de largura nas cotas 372,36, 362,36 e 350,36. A drenagem interna é garantida por tapete drenante, que se junta a um enrocamento envolvido por uma camada de transição. O talude de montante é protegido por uma camada de transição. O talude de jusante é protegido por um “rip-rap” convencional (DNOCS, 2007; DNOCS, 1963).

A barragem auxiliar tem extensão de 275m, altura de 7,50 m e 4m de largura do coroamento.

4.1.6 Vertedouro

O primeiro vertedouro, escavado na ombreira direita, tem largura de 200m. A soleira está na cota 378,36 (Foto 17). O segundo tem largura de 80m e sua soleira está na cota 379,36. A seção total de vazão está dimensionada para uma descarga de 2.610 m³/s.



Foto 17 - O primeiro vertedouro
Fonte: Dados da pesquisa

4.1.7 Túnel adutor, casa de força, adutora

O túnel escavado em rocha gnáissica tem seção semicircular, com raio de 3,75m. Nele estão instaladas duas tubulações de 0,75m de diâmetro (Foto 18), que alimentam duas turbinas de 1.150 CV. O túnel tem extensão de 210m.



Foto 18 - A Adutora (2 tubulações)
Fonte: Dados da pesquisa.

4.1.8 Características Técnicas

Características Gerais

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| Capacidade | 411.686.287 m ³ |
| Localização | Boqueirão-PB |
| Sistema/Subsistema | Paraíba |
| Rio Barrado | Paraíba |
| Área da bacia hidrográfica | 12.410 km ² |
| Área da bacia hidráulica | 2.680 ha |
| Precipitação média anual | 450 mm |
| Evaporação média anual | 2.500 mm |
| Volume morto | 35.000.000 m ³ |
| Nível d'água máximo | 381,36 |
| Projeto/Construção | DNOCS |

Barragem

| | |
|----------------------------|--------------------------|
| Tipo | Terra homogênea |
| Altura máxima com fundação | 55,70m |
| Extensão pelo coroamento | 347m |
| Largura do coroamento | 8m |
| Cota do coroamento | 383,36 |
| Volume total do maciço | 1.069.000 m ³ |

Vertedouros

| | |
|---------------------|-------------------------|
| Tipo | Soleira livre |
| Largura da soleira | 200m/80m |
| Lâmina máxima | 3m |
| Descarga máxima | 2.610 m ³ /s |
| Revanche | 5m |
| Cota da soleira | 378,36 / 379,36 |
| Volume de escavação | 57.700 m ³ |

Tomada d'água

| | |
|-----------------------|--|
| Tipo | Em Túnel |
| Comprimento | 210m |
| Dimensão da seção | Semicircular com raio = 3,75, contendo 2 tubos com Ø = 0,75 m |
| Descarga regularizada | 2,24 m ³ /s |
| Altura da torre | 32m |
| Dissipação a jusante | Caixa dissipadora |

Barragem auxiliar

| | |
|----------------------------|-----------------|
| Tipo | Terra homogênea |
| Altura máxima com fundação | 7,50m |
| Extensão pelo coroamento | 275m |
| Largura do coroamento | 4m |

4.1.9 Caracterização do município de Boqueirão

4.1.9.1 Localização e Acesso

O município de Boqueirão está localizado na Microrregião Boqueirão e na Mesorregião Borborema do Estado da Paraíba (MASCARENHAS et al., 2005), como mostrado na Foto 19.



Foto 19 - A cidade de Boqueirão, Paraíba (maio, 2008).

Fonte: Dados da pesquisa

Sua Área é de 425 km² representando 0.7524% do estado, 0.0273% da Região e 0.005% de todo o território Brasileiro. A sede do município tem uma altitude aproximada de 355 metros distando 146,0099 Km da capital. O acesso

é feito, a partir de João Pessoa, pelas rodovias BR 230/BR 104/PB 148. Está inserido nas Folhas SUDENE de Soledade e Santa Cruz do Capibaribe.

4.1.9.2 Aspectos Socioeconômicos

O município foi criado em 1959, a População total é de 15.867 habitantes sendo 11.141 na área urbana (IBGE, 2008). Seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0.608 (Atlas de Desenvolvimento Humano/PNUD, 2000).

São registrados 1.562 domicílios particulares permanentes com banheiro ligados à rede geral de esgoto, 2.620 domicílios particulares permanentes têm abastecimento ligado à rede geral de água, e 2.609 domicílios particulares permanentes têm lixo coletado. Existem 50 leitos hospitalares, em 09 estabelecimentos de saúde, sendo 08 estabelecimentos prestadores de serviços ao SUS. O ensino fundamental tem 4.102 matrículas e o ensino médio 883 matrículas. Encontram-se informatizados o cadastro e/ou bancos de dados de saúde e cadastro imobiliário (IPTU). Verifica-se descentralização administrativa com a formação de conselho na área de saúde. Existem atividades sócio-culturais como bibliotecas públicas e banda de música.

Nas Articulações entre as Instituições encontra-se o convênio de cooperação com entidades públicas nas áreas de assistência e desenvolvimento social, direito de crianças e adolescentes e emprego/trabalho e o apoio de entidades privadas ou da comunidade na área de emprego/trabalho.

Terceirizados estão os serviços de advocacia, obras civis, transporte escolar e contabilidade.

Observa-se a existência de favelas ou assemelhados com cadastro de favelas ou assemelhados, cadastro ou levantamento de famílias interessadas em programas habitacionais, execução de programas ou ações na área de habitação, construção de unidades, oferta de lotes e oferta de material de construção.

4.1.9.3 Aspectos Fisiográficos

O município de Boqueirão está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, formada por maciços e outeiros altos, com altitude variando entre 650 a 1.000 metros. Ocupa uma área de arco que se estende do sul de Alagoas até o Rio Grande do Norte. Com respeito à fertilidade dos solos é bastante variada, com certa predominância de média para alta (MASCARENHAS et al., 2005).

A área da unidade é recortada por rios perenes, porém de pequena vazão e o potencial de água subterrânea é baixo.

- Vegetação

A vegetação desta unidade é formada por *Florestas Subcaducifólica e Caducifólica*, próprias das áreas agrestes.

- Relevo

O relevo é geralmente movimentado, com vales profundos e estreitos dissecados.

- Solos

Nas superfícies suave onduladas a onduladas, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, fortemente drenados, ácidos a moderadamente ácidos e fertilidade natural média e ainda os Podzólicos, que são profundos, textura argilosa, e fertilidade natural média a alta. Nas Elevações ocorrem os solos Litólicos, rasos, textura argilosa e fertilidade natural média. Nos Vales dos rios e riachos, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, imperfeitamente drenados, textura média/argilosa, moderadamente ácidos, fertilidade natural alta e problemas de sais. Ocorrem ainda Afloramentos de rochas.

4.1.9.4 Climatologia

- Clima

O clima é do tipo *Tropical Chuvoso*, com verão seco. A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo se adiantar até outubro (MASCARENHAS et al., 2005),.

- Temperatura

As temperaturas mensais mínimas variam de 18 a 22 °C, entre os meses de julho e agosto, e máximas de 28 a 31 °C, entre os meses de novembro e dezembro (ARAGÃO, 2008).

- Umidade relativa do ar

Varia entre 60 e 75%, observando-se que os valores máximos ocorrem, geralmente, no mês de junho e os mínimos em dezembro (ARAGÃO, 2008).

- Insolação

Varia da seguinte forma: de janeiro a julho a duração efetiva do dia é de 7 a 8 horas diárias, e de agosto a dezembro é de 8 a 9 horas diárias.

- Evaporação

Os totais anuais da evaporação, medidos em tanque classe A, variam entre 2.500 e 3.000 mm (ARAGÃO, 2008).

4.1.9.5 Dados hidroclimatológicos

- Pluviometria

Esta região apresenta como características climáticas determinantes, chuvas concentradas entre os meses de abril a julho, podendo, mais raramente, ocorrer precipitações nos demais meses do ano, índices pluviométricos anuais atingindo em média 661 mm (DNOCS, 2007).

- Fluviometria

A contribuição do fluxo para Boqueirão vem principalmente das sub-bacias do Alto Paraíba e do Taperoá. Os cursos de águas naturais que cortam a região em estudo e que beneficiam de alguma forma o solo e a produção agropecuária da região são os seguintes: Rio Paraíba, Riacho do Marinho Velho, Riacho da Perna, Riacho dos Canudos, Riacho da Ramada, Riacho da Relva e Riacho do feijão (ARAGÃO, 2008), conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Série de Fluviometria em Boqueirão (m³/s)

| Ano 1912 a 1991 | Mês (Estatísticas da série de fluviometria) | | | | | | | | | | | | Soma Ano |
|-----------------------|---|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------------|
| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | |
| Média | 0,58 | 2,09 | 7,90 | 12,55 | 10,32 | 4,19 | 2,03 | 0,13 | 0,00 | 0,08 | 0,06 | 0,28 | 3,35 |
| Desvio Padrão | 1,69 | 4,72 | 13,84 | 20,68 | 21,11 | 12,07 | 5,85 | 0,62 | 0,03 | 0,52 | 0,28 | 0,82 | 5,26 |
| Max | 12,96 | 31,03 | 62,51 | 118,26 | 120,53 | 70,47 | 35,96 | 5,08 | 0,23 | 4,55 | 1,73 | 3,68 | 35,15 |
| Min | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 |

Fonte: (ARAGÃO, 2008; AESA, 2008).

4.1.10 As áreas irrigadas de Boqueirão

4.1.10.1 Descrição

As Áreas irrigadas no perímetro do açude de Boqueirão compreendem uma área de aproximadamente 1.000 ha, situado em torno do perímetro do açude (AIAB, 2008; VIEIRA, 2008). Existem cadastrados 186 irrigantes (DNOCS, 2008; EMATER, 2008), com um volume demandado para irrigação de aproximadamente 0,28 m³/s. A área abrange os lados direito e esquerdo do açude (Figura 5). As principais culturas utilizadas são: tomate, pimentão, feijão, repolho, cebola, alface (estes na safra e entressafra); banana, goiaba, mamão e limão (culturas perenes).

As práticas utilizadas de irrigação são: o gotejamento (utilizado o pote-de-barro), micro-aspersão e sulco.

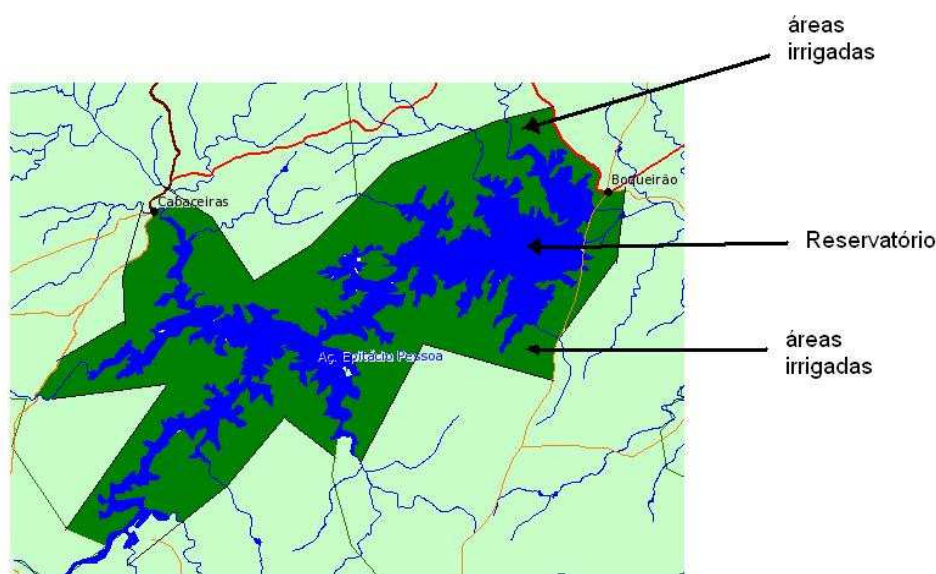


Figura 5 – Áreas irrigadas de Boqueirão e Reservatório
Fonte: Dados da pesquisa

Nas Foto 20, Foto 21 e Foto 22 são mostradas áreas com culturas nas áreas irrigadas de Boqueirão.



Foto 20 - Áreas Irrigadas de Boqueirão (cultura: repolho, maio de 2008)
Fonte: Dados da pesquisa



Foto 21 – Áreas Irrigadas de Boqueirão (cultura: mamão, maio de 2008)
Fonte: Dados da pesquisa



Foto 22 – Áreas irrigadas, Cultura:mamão. Com o açude de Boqueirão ao fundo (maio, 2008)

Fonte: Dados da pesquisa

4.1.10.2 As áreas irrigadas de Boqueirão e os agrotóxicos e adubos químicos

Segundo Aragão (2008) e em visitas ao campo, constatou-se o uso intensivo de agrotóxicos. Em amostras de água bruta do açude, coletadas pela COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DA PARAÍBA - CAGEPA (outubro de 1998) e submetidas a análises de resíduos de pesticidas, apresentaram resultado positivo para dois tipos de pesticidas: heptacloro e lindano (GALVÃO, 2002).

O heptacloro é um praguicida sintético do grupo dos organoclorados, os quais estão com a sua comercialização proibidas no Brasil, desde 1985 (Portaria Nº 329/85, do Ministério da Agricultura), em função de sua longa persistência no ambiente e da capacidade de acumulação nas cadeias alimentares, sua atuação se faz por ingestão ou contato, bloqueando a transmissão dos impulsos nervosos (ANVISA, 2008).

O Lindano (γ -HCH) é um produto químico organoclorado, que apresenta potencial de transporte atmosférico a longa distância, persistência em água, ar, sedimento e solo, bioacumulação nos seres vivo, toxicidade aguda e crônica

para seres humanos e animais. O Lindano teve sua importação proibida em 65 países e foi banido ou tem restrição severa em 39 países (ANVISA, 2008). Ele possui uma alta toxicidade para organismos humanos (carcinogênese, efeitos nocivos sobre o sistema nervoso central, capacidade oxidativa hepática) e aquáticos e da sua persistência no ambiente (ANVISA, 2008).

O uso agrícola do Lindano foi cancelado pela Portaria do Ministério da Agricultura No 329, de 02 de setembro de 1985 e a sua monografia foi excluída, pelo Ministério da Saúde, através da Portaria n. 11, de 08 de janeiro de 1998 e conseqüentemente proibidos seus usos para campanhas de saúde público ou domissanitários. Restando até o presente momento somente o uso como preservante de madeiras.

Relatos de irrigantes também dão conta de problemas relativos ao uso de agrotóxicos nas diversas propriedades que margeiam o açude Epitácio Pessoa, podendo ser citados:

- (i) a rejeição ao uso de equipamentos de proteção individual (luvas e máscaras), quando da aplicação de agrotóxicos;
- (ii) o uso indiscriminado de produtos, muitas vezes contaminando as culturas, em especial, as plantações de tomate e hortaliças;
- (iii) a ausência de cuidados quanto ao descarte das embalagens, jogadas nas margens ou dentro do próprio açude, ou, ainda, reutilizadas para armazenar água para consumo doméstico.

Diante do exposto, foi verificado, nas áreas irrigadas, um nível de toxicidade bem acima do normal, bem como foram relatadas (e observadas) pulverizações excessivas, causando problemas na saúde humana e no meio ambiente.

4.2 Etapa 2 – Elaboração de planilhas quantitativas

4.2.1 Coleta de Solo

Para a elaboração das planilhas quantitativas, foi realizada uma coleta de solo em algumas propriedades das áreas irrigadas de Boqueirão para determinar os níveis de fertilidade do solo através de uma análise de solo (Foto 23). A coleta foi realizada no mês de maio de 2008, orientado pela prof^a Soahd Rached (UFCG) e prof^o José Geraldo Santos (EMATER/UEPB). Foram escolhidas quatro propriedades nas áreas irrigadas de Boqueirão para retirar amostras de solo, utilizadas em duas profundidades específicas: a profundidade situada entre 0-30 cm que abrange a profundidade radicular das culturas de Tomate, Pimentão, Feijão, Repolho, Alface, Cebola e a profundidade situada entre 30-60 cm que abrange a profundidade radicular das culturas de Banana, Goiaba, Mamão, Limão.



Foto 23 - Propriedades onde foram realizadas as coletas de solos
Fonte: Google Earth, 2009

Em cada propriedade foram retiradas 20 amostras de solo dentro das culturas, sendo 10 amostras na profundidade entre 0-30 cm e 10 amostras na profundidade de 30-60 cm.

Na propriedade 1 foram retiradas amostras de solo nas culturas de goiaba e mamão. Na propriedade 2 foram retiradas amostras de solo nas culturas de mamão, cebola e goiaba. Na propriedade 3 foram retiradas amostras de solo nas culturas de manga e repolho (Foto 24). Na propriedade 4 foram retiradas amostras de solo na cultura da banana. As amostras são mostradas na Foto 25.



Foto 24 - Amostra de solo retirada da cultura do repolho
Fonte: Dados da pesquisa



Foto 25 - Amostras de solo das áreas irrigadas de Boqueirão
Fonte: Dados da Pesquisa

Após a coleta, foi feita uma amostra mista contendo amostras de solo nas duas profundidades: uma amostra contendo a mistura de todos os solos na profundidade entre 0-30cm, e outra amostra contendo a mistura de todos os solos na profundidade entre 30-60cm.

A análise das amostras mistas de solo foi feita pelo Laboratório de Irrigação e Salidade – LIS (UFCG), onde foram calculados diversos dados de fertilidade de solo, que é mostrado nas Tabelas a seguir.

Tabela 7 - Análise de Solo – Fertilidade/Salinidade.

| Características Químicas | Profundidade (cm) | |
|--|-------------------|------------|
| | 0-30 | 30-60 |
| Cálcio (meq/100g de solo) | 8,14 | 8,62 |
| Magnésio (meq/100g de solo) | 6,86 | 7,22 |
| Sódio (meq/100g de solo) | 0,50 | 0,65 |
| Potássio (meq/100g de solo) | 0,26 | 0,24 |
| S (meq/100g de solo) | 15,76 | 16,63 |
| Hidrogênio (meq/100g de solo) | 0,00 | 0,00 |
| Alumínio (meq/100g de solo) | 0,00 | 0,00 |
| T (meq/100g de solo) | 15,76 | 16,63 |
| Carbono Orgânico % | 0,79 | 0,46 |
| Matéria Orgânica % | 1,36 | 0,79 |
| Nitrogênio % | 0,07 | 0,04 |
| Fósforo Assimilável (mg/ 100g) | 9,57 | 4,96 |
| PH H ₂ O (1:2,5) | 7,22 | 7,34 |
| Condutividade Elétrica – mmhos/cm (Suspensão Solo-Água) | 0,31 | 0,31 |
| pH (Estrato de Saturação) | 6,94 | 6,91 |
| Condutividade Elétrica – mmhos/cm (Estrato de Saturação) | 0,63 | 0,63 |
| Cloreto (meq/l) | 3,25 | 3,50 |
| Carbonato (meq/l) | 0,00 | 0,00 |
| Bicarbonato (meq/l) | 2,40 | 2,20 |
| Sulfato (meq/l) | Ausência | Ausência |
| Cálcio (meq/l) | 1,37 | 1,50 |
| Magnésio (meq/l) | 2,25 | 2,75 |
| Potássio (meq/l) | 0,14 | 0,12 |
| Sódio (meq/l) | 3,48 | 3,66 |
| Porcentagem de Saturação | 27,66 | 28,00 |
| Relação de Adsorção de Sódio | 2,60 | 2,51 |
| PSI | 3,17 | 3,91 |
| Salinidade | Não Salino | Não Salino |
| Classe do Solo | Normal | Normal |

Fonte: Laboratório de Irrigação e Salidade, 2008.

Tabela 8 - Análise de Solo – Características Físicas.

| Características Físicas | Profundidade (cm) | |
|--|-----------------------|-----------------------|
| | 0 – 30 | 30 - 60 |
| Granulometria (%) | | |
| Areia | 68,96 | 72,96 |
| Silte | 19,00 | 19,00 |
| Argila | 12,04 | 8,04 |
| Classificação Textural | Franco Arenoso | Franco Arenoso |
| Densidade do Solo (g/cm ³) | 1,30 | 1,34 |
| Densidade de Partículas (g/cm ³) | 2,74 | 2,73 |
| Porosidade % | 52,43 | 51,08 |
| Umidade % | | |
| Natural | | |
| 0,10 atm | | |
| 0,33 atm | 16,70 | 16,92 |
| 1,00 atm | | |
| 5,00 atm | | |
| 10,0 atm | | |
| 15,0 atm | 9,06 | 9,11 |
| Água Disponível | 7,64 | 7,71 |

Fonte: Laboratório de Irrigação e Salidade, 2008.

Para determinar o custo de produção das culturas em agricultura orgânica, os seguintes passos foram realizados:

4.2.2 Cálculo de adubação orgânica

O método adotado, descrito em Santos e Santos (2008), é uma adaptação do método adotado pela EMBRAPA (BNB, 2008a), só que o enfoque é feito para a adubação da agricultura orgânica.

4.2.2.1 Método Adotado pela EMBRAPA, adaptado por Santos e Santos (2008)

Neste método é necessária a determinação dos níveis críticos de **fósforo** e de **potássio** (Tabela 9). O valor de fósforo da análise, dado em *mg/100g*, deve ser transformado em *ppm* (partes por milhão), multiplicando-se por 10, uma vez que 1 *ppm* é igual à *mg L⁻¹* ou *mg/1000g*. Transforma-se,

também, o valor de potássio, dado em $mmol_c L^{-1}$ ou $cmol_c L^{-1}$, em *ppm*, através da multiplicação por 39,1 ou 3,91, respectivamente. Logo, as referidas transformações são obtidas através das seguintes equações, considerando que $1 L = 1 dm^3$:

$$\text{Fósforo: } ppm = mg/100g \times 10 \quad (1)$$

$$\text{Potássio : } meq/L = mmol_c L^{-1} \quad (2)$$

$$ppm = mmol_c L^{-1} \times 39,1 \quad (3)$$

$$ppm = mmol_c dm^{-3} \times 39,1 \quad (4)$$

$$ppm = cmol_c L^{-1} \times 3,91 \quad (5)$$

$$ppm = cmol_c dm^{-3} \times 3,91 \quad (6)$$

Tabela 9 - Níveis críticos de fósforo e de potássio no solo.

| INTERPRETAÇÃO | ELEMENTO | |
|---------------|---------------------|---------------------|
| | FÓSFORO | POTÁSSIO |
| | Teor (<i>ppm</i>) | Teor (<i>ppm</i>) |
| Baixo | 0 – 10 | 0 – 45 |
| Médio | 11 – 20 | 46 – 90 |
| Alto | 21 – 30 | 91 – 135 |
| Muito Alto | > 30 | > 135 |

Fonte: Santos e Santos, 2008

De posse dos níveis críticos de fósforo e de potássio, encontra-se a proporção de N:P₂O₅:K₂O (Tabela 10). Em seguida devem-se classificar as culturas de acordo com os níveis de exigência (Tabela 11). Utilizando-se as proporções dos elementos e os níveis de exigência, fazem-se as recomendações gerais de fertilizantes (Tabela 12). Finalmente, com as recomendações das proporções, faz-se o cálculo da proporção dos insumos orgânicos (Tabela 13).

Tabela 10 - Proporções de N:P₂O₅:K₂O a serem colocadas no solo, em função da análise de solo.

| NÍVEL DE POTÁSSIO | NÍVEL DE FÓSFORO | | | |
|-------------------|------------------|-------|-------|------------|
| | Baixo | Médio | Alto | Muito Alto |
| Baixo | 2:4:4 | 2:3:4 | 2:2:4 | 2:1:4 |
| Médio | 2:4:2 | 2:3:2 | 2:2:2 | 2:1:2 |
| Alto | 2:4:1 | 2:3:1 | 2:2:1 | 2:1:1 |
| Muito Alto | 2:4:0 | 2:3:0 | 2:2:0 | 2:1:0 |

Fonte: Santos e Santos, 2008

Tabela 11 - Classificação das culturas de acordo com o nível de exigência

| NÍVEL | CULTURAS | UNIDADE BÁSICA |
|--------------|--|-----------------------|
| A | Milho, pastagens (incluindo capineiras), mandioca, batata-doce, feijão, arroz, algodão, amendoim, fava, fumo, aveia, café (instalação), sorgo, soja, agrião, eucalipto e chuchu. | 20 kg/ha |
| B | Cana-de-açúcar, batatinha, banana e cebola. | 30 kg/ha |
| C | Abacate, caqui, caju, cítricos, maçã, pêra, coco-da-baía, figo, marmelo, malancia, pêssego, uva, abacaxi, goiaba, manga, maracujá, ameixa, mamão, melão, fruta-do-conde, nêspera, alho, alface, chicória, almeirão, cenoura, abóbora, pepino, rabanete, couve, beterraba, vagem, espinafre, aspargo e café (manutenção). | 40 kg/ha |
| D | Repolho, couve-flor, brócolis, quiabo e ervilhas. | 50 kg/ha |
| E | Tomate, pimentão, berinjela, jiló, maxixe e flores em geral. | 60 kg/ha |

Fonte: Santos e Santos, 2008

Tabela 12 - Recomendações gerais de fertilizantes, em quilogramas de N - P₂O₅ - K₂O, por hectare.

| CULTURAS | | | | | |
|------------------|----------|------------|------------|-------------|-------------|
| Proporção | A | B | C | D | E |
| 2:4:4 | 40-80-80 | 60-120-120 | 80-160-160 | 100-200-200 | 120-240-240 |
| 2:4:2 | 40-80-40 | 60-120-60 | 80-160-80 | 100-200-100 | 120-240-120 |
| 2:4:1 | 40-80-20 | 60-120-30 | 80-160-40 | 100-200-50 | 120-240-60 |
| 2:4:0 | 40-80-0 | 60-120-0 | 80-160-0 | 100-200-0 | 120-240-0 |
| | | | | | |
| 2:3:4 | 40-60-80 | 60-90-120 | 80-120-160 | 100-150-200 | 120-180-240 |
| 2:3:2 | 40-60-40 | 60-90-60 | 80-120-80 | 100-150-100 | 120-180-120 |
| 2:3:1 | 40-60-20 | 60-90-30 | 80-120-40 | 100-150-50 | 120-180-60 |
| 2:3:0 | 40-60-0 | 60-90-0 | 80-120-0 | 100-150-0 | 120-180-0 |
| | | | | | |
| 2:2:4 | 40-40-80 | 60-60-120 | 80-80-160 | 100-100-200 | 120-120-240 |
| 2:2:2 | 40-40-40 | 60-60-60 | 80-80-80 | 100-100-100 | 120-120-120 |
| 2:2:1 | 40-40-20 | 60-60-30 | 80-80-40 | 100-100-50 | 120-120-60 |
| 2:2:0 | 40-40-0 | 60-60-0 | 80-80-0 | 100-100-0 | 120-120-0 |
| | | | | | |
| 2:1:4 | 40-20-80 | 60-30-120 | 80-40-160 | 100-50-200 | 120-60-240 |
| 2:1:2 | 40-20-40 | 60-30-60 | 80-40-80 | 100-50-100 | 120-60-120 |
| 2:1:1 | 40-20-20 | 60-30-30 | 80-40-40 | 100-50-50 | 120-60-60 |
| 2:1:0 | 40-20-0 | 60-30-0 | 80-40-0 | 100-50-0 | 120-60-0 |

Fonte: Santos e Santos, 2008

Tabela 13 - Composição química, relação de proporção de NPK e fatores de conversão de diversos fertilizantes orgânicos.

| FERTILIZANTES | PERCENTAGEM | | | PROPORÇÃO | | | FATORES CONVERSÃO | | |
|------------------------|-------------|-------------------------------|------------------|-----------|-----|-----|-------------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P | K | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Esterco bovino curtido | 1,67 | 0,86 | 1,37 | 1,9 | 1,0 | 1,6 | 60 | 116 | 73 |
| Esterco de cavalo | 0,70 | 0,40 | 0,30 | 2,0 | 1,0 | 1,0 | 143 | 250 | 333 |
| Esterco bovino verde | 5,00 | 2,50 | 5,00 | 2,0 | 1,0 | 2,0 | 20 | 40 | 20 |
| Cinzas | 0,00 | 2,50 | 10,0 | 0,0 | 1,0 | 4,0 | - | 40 | 10 |
| Esterco de galinha | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 1,5 | 1,5 | 1,0 | 33 | 33 | 50 |

Fonte: Santos e Santos, 2008

4.2.3 Recomendações da adubação orgânica para as culturas das áreas irrigadas de Boqueirão

Na metodologia utilizada, levou-se em conta os níveis de Potássio e Fósforo, que foram os seguintes:

Potássio = 0,14 meq/l para culturas com profundidade radicular até 30 cm (alface, tomate, feijão, repolho, cebola)

Potássio = 0,12 meq/l para culturas com profundidade radicular entre 30 e 60 cm (frutas em geral)

Fósforo = 9,57 mg/100g para culturas com profundidade radicular até 30 cm (alface, tomate, feijão, repolho, cebola)

Fósforo = 4,96 mg/100g para culturas com profundidade radicular entre 30 e 60 cm (frutas em geral)

Com base nesses dados determinou-se os custos de adubação levando-se em conta cada cultura.

4.2.3.1 Tomate orgânico

- Potássio = 0,14 meq/l
- Fósforo = 9,57 mg/100g

4.2.3.1.1 Procedimento recomendado pela EMBRAPA, adaptado por Santos e Santos (2008):

- Através das Equações 1 e 3, transforma-se os valores de fósforo e de potássio, dados em mg/100g e meq/l, respectivamente, em unidade ppm

$$\text{Fósforo} = 9,57 \times 10 = 95,7 \text{ ppm}$$

$$\text{Potássio} = 0,14 \times 39,1 = 5,47 \text{ ppm}$$

- A partir da Tabela 9, encontra-se os níveis críticos de fósforo e de potássio

Fósforo: **Muito Alto**
Potássio: **Baixo**

- De posse dos níveis críticos, encontra-se a proporção de N:P₂O₅:K₂O (Tabela 10)

Proporção → **2:1:4**

- Classifica-se a **tomate** de acordo com o nível de exigência (Tabela 11), sendo enquadrada no nível *E*
- Utilizando-se a proporção de 2:1:4 e o nível *E*, encontra-se a recomendação de adubação (Tabela 12), em *kg/ha*

Recomendação NPK:→ **120-60-240**

- Utilizando a Tabela 13, para esterco bovino curtido, tem-se:

N P₂O₅ K₂O

1,67 0,86 1,37

$$N = 100 / 1,67 = 59,8$$

$$P_2O_5 = 100 / 0,86 = 116,2$$

$$K_2O = 100 / 1,37 = 72,9$$

Para o cálculo de esterco bovino curtido (recomendação NPK 120-60-240), tem-se:

$$120\text{kg N} \times 59,8 = 7.176 \text{ kg/ha de esterco bovino}$$

$$60\text{kg P}_2\text{O}_5 \times 116,2 = 6.972 \text{ kg/ha de esterco bovino}$$

$$240\text{kg K}_2\text{O} \times 72,9 = 17.496 \text{ kg/ha de esterco bovino}$$

Normalmente toma-se o maior valor como base de adubação, mas neste caso, como há uma discrepância muito grande entre os valores, normaliza-se o valor de potássio (K₂O), e depois supre-se o déficit com outro fertilizante, rico em potássio (cinza).

Para normalizar:

$$120\text{kg K}_2\text{O} \times 72,9 = \mathbf{8.748} \text{ kg/ha esterco bovino}$$

Agora vamos completar o déficit 120 kg de K₂O com cinza de padaria:

$$120 \times 0 \text{ N} = 0 \text{ kg/ha}$$

$$120 \times 2,5 \text{ P}_2\text{O}_5 = 300 \text{ kg/ha}$$

$$120 \times 10 \text{ K}_2\text{O} = \mathbf{1.200} \text{ kg/ha}$$

Adubação orgânica do tomate:

Esterco Bovino = 8.748 kg/ha

Cinza de padaria = 1.200 kg/ha

Custos (Emater, PB, 2008)

Esterco Bovino: 0,03 centavos/kg. $8.748 \times 0,03 = \text{R}\$262,00$ por ha.

Cinza: 0,017 centavos/kg. $1.200 \times 0,017 = \text{R}\$ 20,4$ por ha.

4.2.3.1.2 Inseticida Natural

A formulação do inseticida natural foi obtida de Santos e Santos (2008), uma mistura de fumo, sabão e querosene, que custa R\$ 0,60 centavos/litro.

4.2.3.1.3 Fungicida Natural

A formulação do fungicida natural foi obtida de Santos e Santos (2008), uma mistura de cal hidratada, sulfato de cobre e calda bordalesa, que custa R\$ 1,00/litro.

4.2.3.1.4 Exemplo de Planilha de uma cultura orgânica

A seguir, está o detalhamento de um de orçamento da cultura do **tomate orgânico** tendo como base a do Banco do Nordeste do Brasil, em BNB (2008b), adaptado por Santos e Santos (2008) para a agricultura orgânica.

Tabela 14 – Planilha Quantitativa de avaliação de custos do tomate orgânico

| BANCO DO NORDESTE S/A | | | | |
|---|------------|-------|------------------|-----------------|
| ORÇAMENTO POR HECTARE | | | | |
| IMPLANTAÇÃO DE CULTURA | | | | |
| Espécie | | | | Área Total |
| TOMATE ENVAIRADO IRRIGADO (ELETROBOMBA) | | | | 1,0 HA |
| Especificação | Quant. | Unid. | Valor (R\$ 1,00) | |
| | | | Unit. | TOTAL |
| 1) PREPARO DE SOLO | 7 | | | 350,00 |
| ARAÇÃO E GRADAGEM | 5 | ht | 50,00 | 250,00 |
| SULCAMENTO | 2 | ht | 50,00 | 100,00 |
| | | | | |
| 2) PLANTIO | 42 | | | 672,00 |
| COVEAMENTO E TRANSPLANTIO | 30 | hd | 16,00 | 480,00 |
| PREPARO DA SEMENTEIRA | 3 | hd | 16,00 | 48,00 |
| REPLANTIO | 5 | hd | 16,00 | 80,00 |
| ADUBAÇÃO DE FUNDAÇÃO | 4 | hd | 16,00 | 64,00 |
| | | | | |
| 3) TRATOS CULTURAIS | 245 | | | 3.920,00 |
| CAPINAS MANUAIS COM AMONTOA | 40 | hd | 16,00 | 640,00 |
| APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS | 35 | hd | 16,00 | 560,00 |
| APLICAÇÃO DE COBERTURA (DUAS) | 10 | hd | 16,00 | 160,00 |
| TUTORAMENTO | 30 | hd | 16,00 | 480,00 |
| DESBROTA/AMARRIO | 70 | hd | 16,00 | 1.120,00 |
| MANEJO DA IRRIGAÇÃO | 60 | hd | 16,00 | 960,00 |
| | | | | |
| 4) COLHEITA | 80 | | | 1.280,00 |
| COLHEITA MANUAL | 80 | hd | 16,00 | 1.280,00 |
| | | | | |
| 5) INSUMOS | | | | 1.032,44 |
| ENERGIA ELÉTRICA | (*) | Kw | 0,33 | 0,00 |
| ESTERCO BOVINO Curtido | 8,748 | T | 30,00 | 262,44 |
| cinza | 1,2 | T | 17,00 | 20,40 |
| inseticida natural | 6 | L | 0,60 | 3,60 |
| fungicida natural | 6 | L | 1,00 | 6,00 |
| SEMENTES | 0,4 | Kg | 350,00 | 140,00 |
| VARAS TUTORES | 20 | MIL | 30,00 | 600,00 |
| TOTAL | | | | 7.254,44 |
| ESPAÇAMENTO: 1,00 X 0,50 M / CICLO DA CULTURA: 150 DIAS / PROD. 50 T. | | | | |
| SISTEMA DE IRRIGAÇÃO: SULCOS | | | | |
| OBS.: ADUBAÇÃO QUÍMICA - ADICIONAR AO ORÇAMENTO, O CUSTO DAS AQUISIÇÕES, | | | | |
| LEVANDO-SE EM CONTA AS RECOMENDAÇÕES DA ANÁLISE DO SOLO. | | | | |
| (*) O CUSTO COM ENERGIA ELÉTRICA DEVERÁ SER CALCULADO EM FUNÇÃO DE PROJETO TÉCNICO. | | | | |

4.2.4 Resumo das planilhas orgânicas

A mesma metodologia de adubação orgânica foi aplicada para todas as outras culturas, e posteriormente inseridas nas planilhas de custo do Banco do Nordeste (BNB, 2008b), resumido na Tabela 15:

Tabela 15 - Custo de Produção das culturas orgânicas em (R\$/ha)

| Culturas | ANO 1 | ANO 2 | ANO 3 | ANO 4 | ANO 5 | ANO 6 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Tomate | 7.254,44 | | | | | |
| Pimentão | 3.814,44 | | | | | |
| Feijão | 1.404,88 | | | | | |
| Repolho | 2.918,30 | | | | | |
| Alface | 3.690,16 | | | | | |
| Cebola | 4.467,02 | | | | | |
| Banana | 5.793,02 | 3.559,02 | 3.559,02 | | | |
| Goiaba | 3.707,80 | 1.974,16 | 1.974,16 | 1.974,16 | 1.974,16 | 1.974,16 |
| Mamão | 3.838,66 | 3.654,16 | 2.774,16 | | | |
| Limão | 3.749,66 | 3.404,16 | 3.404,16 | 2.086,16 | 2.086,16 | 2.086,16 |

4.2.5 Cálculo de adubação convencional (adubação NPK):

Para um método de adubação convencional, utilizando tratamento químico, o método adotado, é o mesmo descrito em Santos e Santos (2008) e pela EMBRAPA (BNB, 2008a), com a **inclusão** de uma tabela de quantitativos onde são considerados fertilizantes químicos ao invés de insumos orgânicos.

Tabela 16 - Principais Adubos Químicos utilizado no estudo.

| FERTILIZANTES | PERCENTAGEM | | | FATORES CONVERSÃO | | |
|----------------------|-------------|-------------------------------|------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Sulfato de Amônio | 20 | 0 | 0 | 5 | | |
| Superfosfato Simples | 0 | 15 | 0 | | 6,67 | |
| Cloreto de Potássio | 0 | 0 | 60 | | | 1,67 |

Fonte: BNB, 2008a

4.2.6 Recomendações da adubação convencional (NPK) para as culturas das áreas irrigadas de Boqueirão

4.2.6.1 Tomate convencional

- Potássio = 0,14 meq/l
- Fósforo = 9,57 mg/100g

4.2.6.1.1 Procedimento recomendado pela EMBRAPA (BNB, 2008a ; Santos e Santos, 2008):

- Através das Equações 1 e 3, transforma-se os valores de fósforo e de potássio, dados em *mg/100g* e *meq/L*, respectivamente, em unidade *ppm*;

$$\text{Fósforo} = 9,57 \times 10 = 95,7 \text{ ppm}$$

$$\text{Potássio} = 0,14 \times 39,1 = 5,47 \text{ ppm}$$

- A partir da Tabela 9, encontra-se os níveis críticos de fósforo e de potássio;

Fósforo: **Muito Alto**

Potássio: **Baixo**

- De posse dos níveis críticos, encontra-se a proporção de N:P₂O₅:K₂O (Tabela 10);

Proporção → **2:1:4**

- Classifica-se a **Tomate** de acordo com o nível de exigência (Tabela 11), sendo enquadrada no nível *E*;

- Utilizando-se a proporção de *2:1:4* e o nível *E*, encontra-se a recomendação de adubação (Tabela 12), em *kg/ha*;

Recomendação NPK:→ 120-60-240

- Utilizando a Tabela 16, utiliza-se o fator de conversão para cada fertilizante:

| N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|---|-------------------------------|------------------|
|---|-------------------------------|------------------|

| | | |
|---|------|------|
| 5 | 6,67 | 1,67 |
|---|------|------|

Para a composição do adubo químico (recomendação NPK 120-60-240), temos:

$$120\text{kg N} \times 5 = 600 \text{ kg/ha de Sulfato de Amônio}$$

$$60\text{kg P}_2\text{O}_5 \times 6,67 = 400,2 \text{ kg/ha de Superfosfato Simples}$$

$$240\text{kg K}_2\text{O} \times 1,67 = 400,8 \text{ kg/ha de Cloreto de Potássio}$$

Adubação Convencional do tomate:

NPK (120-60-240) → composto de 600-400-400 (1.400 kg)

Custos (fonte: Casa do Agricultor, Campina Grande, setembro, 2008)

Sulfato de Amônio = R\$ 33,50 (saco de 25 kg) = R\$ 1,34/kg

Superfosfato Simples = R\$ 47,00 (saco de 25 kg) = R\$ 1,88/kg

Cloreto de Potássio = R\$ 55,00 (saco de 25 kg) = R\$ 2,2/kg

Sulfato de Amônio: 600 x 1,34 = R\$ 804,00

Superfosfato Simples: 400 x 1,88 = R\$ 752,00

Cloreto de Potássio: 400 x 2,2 = R\$ 880,00

Composto químico NPK = R\$ 2.436,00

4.2.6.1.2 Exemplo de planilha de cultura convencional (adubação NPK)

A seguir, está o detalhamento de um de orçamento da cultura do Tomate Convencional (adubação NPK) tendo como base a planilha do Banco do Nordeste do Brasil (BNB, 2008a; Santos e Santos, 2008).

Tabela 17 - Planilha Quantitativa de avaliação de custos do tomate convencional (adubação química NPK)

| BANCO DO NORDESTE S/A | | | | |
|---|------------|----------|------------------|------------------|
| ORÇAMENTO POR HECTARE | | | | |
| IMPLANTAÇÃO DE CULTURA | | | | |
| Espécie | | | | Área Total |
| TOMATE ENVAIRADO IRRIGADO (ELETROBOMBA) | | | | 1,0 HA |
| Especificação | Quant. | Unid. | Valor (R\$ 1,00) | |
| | | | Unit. | TOTAL |
| 1) PREPARO DE SOLO | 7 | | | 350,00 |
| ARAÇÃO E GRADAGEM | 5 | ht | 50,00 | 250,00 |
| SULCAMENTO | 2 | ht | 50,00 | 100,00 |
| 2) PLANTIO | 42 | | | 672,00 |
| COVEAMENTO E TRANSPLANTIO | 30 | hd | 16,00 | 480,00 |
| PREPARO DA SEMENTEIRA | 3 | hd | 16,00 | 48,00 |
| REPLANTIO | 5 | hd | 16,00 | 80,00 |
| ADUBAÇÃO DE FUNDAÇÃO | 4 | hd | 16,00 | 64,00 |
| 3) TRATOS CULTURAIS | 245 | | | 3.920,00 |
| CAPINAS MANUAIS COM AMONTOA | 40 | hd | 16,00 | 640,00 |
| APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS | 35 | hd | 16,00 | 560,00 |
| APLICAÇÃO DE COBERTURA (DUAS) | 10 | hd | 16,00 | 160,00 |
| TUTORAMENTO | 30 | hd | 16,00 | 480,00 |
| DESBROTA/AMARRIO | 70 | hd | 16,00 | 1.120,00 |
| MANEJO DA IRRIGAÇÃO | 60 | hd | 16,00 | 960,00 |
| 4) COLHEITA | 80 | | | 1.280,00 |
| COLHEITA MANUAL | 80 | hd | 16,00 | 1.280,00 |
| 5) INSUMOS | | | | 4.409,00 |
| RIDOMIL MANCOZEB | 2 | Kg | 90,00 | 180,00 |
| DITHANE PM | 7 | Kg | 28,00 | 196,00 |
| TURBO | 2 | L | 50,00 | 100,00 |
| ENERGIA ELÉTRICA | (*) | Kw | 0,33 | 0,00 |
| ADUBO QUÍMICO (NPK) | 1,4 | T | 1,00 | 2.436,00 |
| SEMENTES | 0,4 | Kg | 350,00 | 140,00 |
| CERCOBIN 700 PM | 2 | Kg | 60,00 | 120,00 |
| CARTAP BR 500 | 3 | Kg | 80,00 | 240,00 |
| EXTRAVON | 2 | L | 8,00 | 16,00 |
| ELSAN | 5 | L | 25,00 | 125,00 |
| COPRANTOL | 6 | L | 12,00 | 72,00 |
| VARAS TUTORES | 20 | MIL | 30,00 | 600,00 |
| VERTIMEC | 1 | L | 184,00 | 184,00 |
| TOTAL | | | | 10.631,00 |
| ESPAÇAMENTO: 1,00 X 0,50 M / CICLO DA CULTURA: 150 DIAS / PROD. 50 T. | | | | |
| SISTEMA DE IRRIGAÇÃO: SULCOS | | | | |
| OBS.: ADUBAÇÃO QUÍMICA - ADICIONAR AO ORÇAMENTO, O CUSTO DAS AQUISIÇÕES, | | | | |
| LEVANDO-SE EM CONTA AS RECOMENDAÇÕES DA ANÁLISE DO SOLO. | | | | |
| (*) O CUSTO COM ENERGIA ELÉTRICA DEVERÁ SER CALCULADO EM FUNÇÃO DE PROJETO TÉCNICO. | | | | |

A mesma metodologia de adubação orgânica foi aplicada para todas as outras culturas e posteriormente inseridas nas planilhas do Banco do Nordeste (BNB, 2008b), resumido na Tabela 18.

4.2.7 Resumo das planilhas convencionais (utilizando adubação NPK)

Tabela 18 - Custo de Produção das culturas convencionais (R\$/ha)

Insumos: Adubação Química NPK + defensivos químicos

| Culturas | ANO 1 | ANO 2 | ANO 3 | ANO 4 | ANO 5 | ANO 6 |
|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Tomate | 10.631,00 | | | | | |
| Pimentão | 7.162,00 | | | | | |
| Feijão | 2.408,00 | | | | | |
| Repolho | 4.984,00 | | | | | |
| Alface | 5.482,00 | | | | | |
| Cebola | 6.394,00 | | | | | |
| Banana | 7.118,00 | 4.909,00 | 4.909,00 | | | |
| Goiaba | 4.972,64 | 4.276,00 | 4.276,00 | 4.276,00 | 4.276,00 | 4.276,00 |
| Mamão | 5.931,00 | 6.142,00 | 5.132,00 | | | |
| Limão | 5.635,50 | 5.328,00 | 5.328,00 | 4.082,00 | 4.082,00 | 4.082,00 |

Também foi compilada duas planilhas com os quantitativos de adubação química e defensivos químicos.

Tabela 19 - Planilha de Adubos químicos (NPK)

| Culturas | Adubação Química - NPK (Tonelada) 1 ano (por ha) |
|----------|--|
| Feijão | 0,466 |
| Cebola | 0,700 |
| Banana | 0,700 |
| Alface | 0,934 |
| Goiaba | 0,934 |
| Mamão | 0,934 |
| Limão | 0,934 |
| Repolho | 1,167 |
| Tomate | 1,400 |
| Pimentão | 1,400 |

Fonte: BNB, 2008b

Tabela 20 – planilha de defensivos
(inseticida, fungicida, acaricida, herbicida, etc)

| Cultura | Defensivos (kg) – 1 ano (por ha) |
|-----------------|---|
| Repolho | 4,00 |
| Feijão | 5,00 |
| Alface | 7,00 |
| Banana | 7,00 |
| Limão | 8,17 |
| Cebola | 12,00 |
| Goiaba | 13,42 |
| Mamão | 17,00 |
| Tomate | 27,00 |
| Pimentão | 35,00 |

Fonte: BNB, 2008b

4.3 Etapa 3 – Compilação dos dados e uso do Modelo

Nesta etapa, descreveremos o modelo de otimização multiobjetivo utilizado e os indicadores que foram incorporados ao estudo.

4.3.1 Modelo de otimização multiobjetivo

O modelo de otimização multiobjetivo utilizado neste estudo, foi desenvolvido por Santos (2007), é baseado em programação linear, utilizando o Toolbox Optimization do software MATLAB 6.5 com o Método do Ponto Interior para a busca da solução ótima. Para tanto, linearizações apropriadas das não-linearidades intrínsecas aos processos de cada um de seus componentes tiveram que ser pesquisadas e implementadas através do uso combinado do Artífício de Linearização por Segmentos e da Programação Linear Sequencial.

O modelo se destina a otimizar os múltiplos usos de um sistema de reservatórios, com a implantação ou melhoramento da operação de um ou mais perímetros irrigados. O mesmo trabalha com variáveis relacionadas aos elementos naturais, tais como: hidroclimáticos e hidroagrícolas, como também outras variáveis (demandas hídricas, características físicas dos componentes, etc) identificadas no estudo do sistema hídrico. Para estes elementos, são definidas as informações necessárias ao modelo para a entrada de dados, envolvendo: os reservatórios, as demandas, calhas dos rios e perímetros irrigados. A operação do reservatório e dos nós é fundamentada na equação do balanço hídrico destes, mesmo quando se faz uso de demandas fixas e variáveis. A demanda hídrica de um perímetro irrigado é determinada com base na necessidade suplementar líquida de irrigação, estabelecidas através do balanço hídrico no solo para as culturas selecionadas, estando a área a ser plantada limitada pelos demais usos do reservatório. O modelo também leva em consideração os diferentes tipos de sistemas de irrigação e suas necessidades de altura manométrica, as áreas a serem irrigadas para cada tipo de cultura, os custos de água e de produção, os aspectos econômicos e a combinação ou variação nas fontes de bombeamento e a quantidade de água captada.

Como se trata de um problema de otimização multiobjetivo, utilizou-se o Método das Ponderações na qual cada função objetivo é normalizada, sendo atribuídos pesos para definir as prioridades de atendimento.

As equações matemáticas das funções objetivos e restrições utilizadas nesse estudo serão abordadas a seguir.

4.3.1.1 Funções objetivo

A função objetivo especificada permite a medida do desempenho do modelo e está sujeita as inúmeras restrições, representadas por equações de natureza linear e não linear que traduz as limitações físicas dos reservatórios, perímetros irrigados e equipamentos hidráulicos, limitações hidrológicas, legais, econômicas e sociais, inerentes aos sistemas de usos múltiplos.

- Demandas nas tomadas d'água

As tomadas d'água permitem a captação de água nos reservatórios e nos nós do sistema para atender determinados requerimentos de consumo.

Para o estabelecimento da função objetivo destinada a minimização do déficit do atendimento das demandas nas tomadas d'água dos reservatórios e dos nós do sistema (DTDQ) foi utilizada a seguinte equação:

$$DTDQ = \sum_t \left(\frac{D_{tr}(t) - Q_{tr}(t)}{D_{tr}(t)} \right)^2 \quad (7)$$

onde:

$D_{tr}(t)$ – demanda requerida na tomada d'água no mês t ;

$Q_{tr}(t)$ – vazão destinada ao atendimento da demanda na tomada d'água no mês t .

- Vazão efluente do reservatório

A vazão efluente dos reservatórios permite a regularização da vazão nos cursos d'água à jusante dos mesmos. A Equação 2 representa outra função objetivo do modelo que se destina a minimizar o déficit entre a vazão efluente liberada pelo reservatório e a vazão regularizável, vazão efluente mínima ou demanda ecológica (VER), previamente estabelecida:

$$VER = \left| \frac{De(t) - Qe(t)}{De(t)} \right| \quad (8)$$

onde:

$De(t)$ – vazão regularizável, vazão efluente mínima ou demanda ecológica estabelecida para o mês t ;

$Qe(t)$ – vazão efluente liberada pelo reservatório no mês t .

- Volume meta do reservatório

O volume meta se destina a manter o volume de água do reservatório em certo nível para atender certas demandas, como controle de cheias, recreação, piscicultura, ou geração de energia elétrica.

Outro objetivo do modelo é minimizar o déficit entre o volume de água do reservatório no final do mês t e o volume meta estabelecido neste mês (VMR), representada na Equação 3:

$$VMR = \sum_t \left(\frac{VR_{meta}(t) - VR(t)}{VR_{meta}(t)} \right)^2 \quad (9)$$

onde:

$VR_{meta}(t)$ – volume meta do reservatório no mês t ;

$VR(t)$ – volume de água do reservatório no final do mês t .

- Receita líquida da agricultura irrigada

Uma das funções objetivo do modelo é a maximização da receita líquida sujeita às restrições de disponibilidade de água, área a ser irrigada, capacidade de bombeamento. A receita líquida (RL) é entendida como o resultado da diferença entre a renda bruta total auferida com a venda da safra agrícola e os respectivos custos de produção envolvidos, gerada pela escolha apropriada das áreas a serem irrigadas para cada tipo de cultura prevista nos perímetros irrigados. Para tanto, leva-se em consideração a renda bruta, obtida com a venda da produção agrícola, os custos de produção anual, o custo da água para irrigação e o custo de bombeamento da água.

Portanto, a receita líquida, em (R\$/ano) é dada pela expressão:

$$RL = \sum_{n=1}^{na} \left[\sum_{j=1}^{nc} Rb_j(n) - Cp_j(n) - Ca_j(n) - Cb_j(n) \right] \quad (10)$$

onde:

n – indica o ano, $n = 1, 2, \dots, na$, (na = número de anos);

j – indica o tipo de cultura, $j = 1, 2, \dots, nc$, (nc = número de culturas);

$Rb_j(n)$ – renda bruta anual da cultura j no ano n ;

$Cp_j(n)$ – custo de produção anual da cultura j no ano n ;

$Ca_j(n)$ – custo da água anual usada na cultura j no ano n ;

$Cb_j(n)$ – custo anual de bombeamento de água para a cultura j no ano n .

A renda bruta anual (Rb_j), em R\$/ano/cultura, pode ser estimada pela equação:

$$Rb_j(n) = \sum_{k=1}^{ni} Prod_{jk}(n) * Prc_j(n) * Ac_{jk}(n) \quad (11)$$

onde:

k – indica a unidade de produção ou perímetro irrigado, $k = 1, 2, \dots, ni$, (ni = número de unidade de produção ou perímetro irrigado);

$Prod_{jk}(n)$ – produtividade da cultura j por unidade de área na unidade de produção ou perímetro irrigado k no ano n ;

$Prc_j(n)$ – preço atual de comercialização da cultura j no ano n ;

$Ac_{jk}(n)$ – área plantada com a cultura j na unidade de produção ou perímetro irrigado k no ano n .

O custo de produção anual (Cp_j), em R\$/ano/cultura, relativos aos gastos com insumos, mão de obra e máquinas, entre outros, pode ser dado por:

$$Cp_j(n) = \sum_{k=1}^{ni} Cprod_{jk}(n) * Ac_{jk}(n) \quad (12)$$

onde:

$C_{prod_{jk}(n)}$ – custo atual de produção por unidade de área da cultura j referentes aos gastos relativos ao ano n .

Para determinar o custo da água utilizada para a irrigação e o seu bombeamento, é necessário determinar a quantidade de água alocada para irrigação, i.e., a lâmina de irrigação. Num primeiro passo, calcula-se a necessidade hídrica máxima mensal desta planta para desempenhar as suas atividades vegetativas ao longo do seu ciclo fenológico, ou seja, calcula-se a taxa de evapotranspiração potencial mensal (ETP_{jkt}) da cultura j na unidade de produção ou perímetro irrigado k durante o mês t , que pode ser estimada, de forma aproximada, em função da taxa de evaporação de referência no mês t na unidade de produção ou perímetro irrigado k ($ET0_{kt}$), obtida da seguinte expressão:

$$ET0_{kt} = Kt_{kt} * Ev_{kt} \quad (13)$$

onde:

Kt_{kt} – coeficiente do tanque evaporimétrico da unidade de produção ou perímetro irrigado k no mês t ;

Ev_{kt} – taxa de evaporação mensal de um tanque evaporimétrico, normalmente do tipo classe A na unidade de produção ou perímetro irrigado k ;

Logo, a evapotranspiração potencial mensal (ETP_{jkt}) é obtida por:

$$ETP_{jkt} = kc_{jt} * ET0_{kt} \quad (14)$$

onde,

kc_{jt} – coeficiente de cultivo mensal da cultura j que reflete a sua necessidade hídrica no mês t

Para determinar a lâmina de rega é necessário calcular a taxa de precipitação que infiltra no solo, que fica efetivamente a disposição das plantas, ou seja, a precipitação efetiva no mês t na unidade de produção ou perímetro irrigado k (Pe_{kt}) em mm/mês, na região a ser irrigada, que pode ser estimada pelas expressões, para terrenos com declividades entre 4% e 5%, segundo especificações da FAO apud Curi e Curi (2001a):

$$Pe_{kt} = 0,8 * P_{kt} - 25, \text{ para } P_{kt} \geq 75\text{mm} \quad (15)$$

$$Pe_{kt} = 0,6 * P_{kt} - 10, \text{ para } P_{kt} < 75\text{mm} \quad (16)$$

onde,

P_{kt} – taxa de precipitação no mês t na unidade de produção ou perímetro irrigado k (em mm/mês).

A necessidade hídrica suplementar (NI_{jkt}) da cultura j, na unidade de produção ou perímetro k durante o mês t, ou a lâmina de rega suplementar que a planta necessita, para cada intervalo de tempo do seu ciclo vegetativo, pode ser estimada por:

$$NI_{jkt} = ETP_{jkt} - Pe_{kt} - G_{jkt} - W_{kt} \quad (17)$$

onde:

G_{jkt} – dotação de água à zona radicular da cultura j durante o mês t por capilaridade (em mm) que depende do tipo de solo e do nível do lençol freático na unidade de produção ou perímetro k;

W_{kt} – reserva de água no solo no início do mês t (em mm), que depende da capacidade de armazenamento de água no solo na unidade de produção ou perímetro k.

A quantidade de água a ser captada para cada tipo de cultura j dependerá, também, da eficiência do sistema de irrigação, ($Eirr_{jk}$), obtida pelo produto entre a eficiência do sistema de distribuição de água para cada unidade de produção ou perímetro k ($Esis_{jk}$) e da eficiência da aplicação da irrigação por cultura (Eap_j):

$$Eirr_{jk} = Eap_j * Esis_{jk} \quad (18)$$

A necessidade de lixiviação dos sais (LR_{jkt}) dissolvidos que se acumulam no solo cultivado, é obtida em função da fração de água mínima que deverá percolar para lavar os sais, que depende da quantidade de água de irrigação e da salinidade tolerada pela cultura j, no mês t na unidade de produção ou perímetro irrigado. K. Rhoades e Merrill (1976) apud Gomes (1999), propuseram as seguintes equações para se determinar LR_{jkt} :

- Para irrigação por inundação ou aspersão de baixa frequência:

$$LR_{jkt} = \frac{CEa_{kt}}{5 * CE_j - CEa_{kt}} \quad (19)$$

- Para irrigações de alta frequência (gotejamento e microaspersão):

$$LR_{jkt} = \frac{CEa_{kt}}{5 * CE_j} \quad (20)$$

onde:

CEa_{kt} – condutividade elétrica da água de irrigação aduzida para unidade de produção ou perímetro k durante o mês t (em mmhos/cm), medida a 25°C;

CE_j – condutividade elétrica do extrato de solo saturado (em mmhos/cm) e que acarreta uma determinada redução no rendimento potencial da cultura j.

Conforme sugerido por Ayers e Westcot (1985) apud Gomes (1999), escolhe-se o valor de CE_j que acarreta uma redução 10% do rendimento potencial da cultura j para a aplicação da Equação 19 e de 100% para a aplicação da Equação 20.

Logo, a lâmina mensal de água para a irrigação da cultura j da na unidade de produção ou perímetro k durante o mês t ($Q_{irr_{jkt}}$), transformada em vazão por unidade de área fornecida pelo sistema, pode ser obtida por:

$$Q_{irr_{jkt}} = \frac{NI_{jkt}}{(1 - LR_{jkt}) * E_{irr_{jk}}} \quad (21)$$

O custo da água anual, Ca_j (em R\$/ano/cultura), captada para a unidade de produção ou perímetro k pode ser obtido pela expressão:

$$Ca_j(n) = \sum_{k=1}^{ni} \left[\sum_{t=12(n-1)+1}^{12(n-1)+12} Pra_k * Q_{irr_{jkt}} * Ac_{jk} \right] \quad (22)$$

onde:

Pra_k – preço da água por unidade de volume para a unidade de produção ou perímetro k.

O custo anual de bombeamento de água, Cb_j (em R\$/ano/cultura) para as culturas irrigadas é obtido através da expressão:

$$Cb_j(n) = \sum_{k=1}^{ni} \left[\sum_{t=12(n-1)+1}^{12(n-1)+12} \left(\frac{0,02726 * Pr b_k * \Delta H_{jkt} * Qirr_{jkt} * Ac_{jk}(n)}{\eta_k} \right) \right] \quad (23)$$

onde:

$Pr b_k$ – preço da energia (em R\$/Kwh) para a unidade de produção ou perímetro k;

ΔH_{jkt} – altura manométrica média (em metros de coluna de água), requerido pelo sistema de irrigação da cultura j e aduzido para a unidade de produção ou perímetro k no mês t;

η_k – eficiência do sistema de bombeamento da unidade de produção ou perímetro k.

- Mão-de-obra na agricultura irrigada

A maximização da mão-de-obra oriunda da atividade agrícola nas unidades de produção ou nos perímetros irrigados é outra função objetivo sujeito as mesmas restrições agronômicas. A mão-de-obra total empregada MO (em diárias/ano) requerida nas unidades de produção ou perímetros é dada pela expressão:

$$MO = \sum_{n=1}^{na} \sum_{k=1}^{ni} \sum_{j=1}^{nc} Hdc_{jk}(n) * Ac_{jk}(n) \quad (24)$$

onde:

Hdc_{jk} – mão-de-obra, por unidade de área, requerida pela cultura j na unidade de produção ou perímetro k;

- Adubação na agricultura irrigada

A minimização o uso de adubação química nas unidades de produção ou nos perímetros irrigados é outra função objetivo sujeito as mesmas restrições agronômicas. A quantidade total de adubação utilizada FERTI (em T/ano) requerida nas unidades de produção ou perímetros é dada pela expressão:

$$FERTI = \sum_{n=1}^{na} \sum_{k=1}^{ni} \sum_{j=1}^{nc} Qferti_{jk}(n) * Ac_{jk}(n) \quad (25)$$

onde:

$Qferti_{jk}$ – quantidade de adubação química (NPK), por unidade de área, requerida pela cultura j na unidade de produção ou perímetro k;

- Defensivos na agricultura irrigada

A minimização o uso de defensivos químicos nas unidades de produção ou nos perímetros irrigados é outra função objetivo sujeito as mesmas restrições agronômicas. A quantidade total de defensivos utilizada DEF (em kg/ano) requerida nas unidades de produção ou perímetros é dada pela expressão:

$$DEF = \sum_{n=1}^{na} \sum_{k=1}^{ni} \sum_{j=1}^{nc} Qdef_{jk}(n) * Ac_{jk}(n) \quad (26)$$

onde:

$Qdef_{jk}$ – quantidade de defensivos agrícolas, por unidade de área, requerida pela cultura j na unidade de produção ou perímetro k;

- Função multiobjetivo

Conforme mencionado anteriormente, o modelo permite efetuar uma análise multiobjetivo através do Método das Ponderações, sendo cada função objetivo, descrita anteriormente, normalizada. Logo a função objetivo do modelo é dada pela Equação 27.

$$\min fo = \omega_1 * DTDQ + \omega_2 * VER + \omega_3 * VMR - \omega_4 * RL - \omega_5 * MO + \omega_6 * DEF + \omega_7 * FERTI \quad (27)$$

onde:

ω_i – coeficiente de ponderação que mede a relativa importância (ou prioridade de atendimento) dada a cada objetivo, $i = 1, \dots, 7$. Quando $\omega_i = 0$ a função objetivo i não será considerada no processo de otimização.

4.3.1.2 Equações de restrições

- Operação dos reservatórios

Os reservatórios podem ser conectados a outros elementos do sistema, a montante, a um nó do sistema onde recebe vazões afluentes, e a jusante, o descarregador de fundo, vertedouros e tomadas de água, através de nós (). A vazão em cada um destes elementos depende de seus parâmetros hidráulicos e do nível de água dos reservatórios.

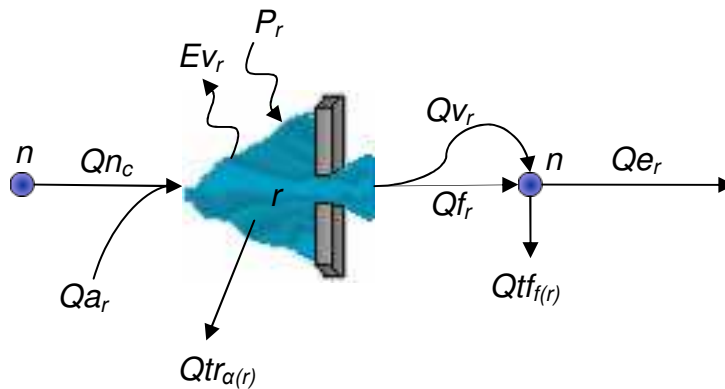


Figura 6 - Diagrama representando os componentes do reservatório avaliados pelo modelo.

O reservatório tem vários dados e equações associadas a ele. Dentre os dados podem ser ressaltados os de precipitação, evaporação, volume morto, capacidade máxima, volumes operativos, etc. Existem, também, relações entre a cota da superfície do espelho líquido, a área desta superfície e o volume. Por outro lado, tem-se que efetuar, a cada mês \$t\$, o balanço hídrico do reservatório, que é baseado no princípio de conservação da massa e determina a variação mensal do volume armazenado do reservatório expressa pela seguinte equação:

$$VR_r(t) = VR_r(t-1) + Qa_r(t) - \sum_{\alpha(r)} Qtr_{\alpha(r)}(t) - Qf_r(t) - Qv_r(t) + Pr(t) - Ev_r(t) + Qn_c(t) \quad (28)$$

onde:

\$r\$ – índice que representa o \$r\$-ésimo reservatório do sistema;

\$n\$ – índice que representa o \$n\$-ésimo nó do sistema;

$VR_r(t)$ – volume do reservatório r no final do mês t;

$VR_r(t - 1)$ – volume do reservatório r no início do mês t;

$Qa_r(t)$ – volume correspondente a vazão afluyente ao reservatório r no mês t;

$\alpha(r)$ – índice que representa a α -ézima tomada d'água do reservatório r;

$f(r)$ – índice que representa a f-ézima tomada d'água de fundo do reservatório r;

$Qtr_{\alpha(r)}(t)$ – volume correspondente a α -ézima vazão de tomada d'água do reservatório r no mês t;

$Qtf_{f(r)}(t)$ – volume correspondente a f-ézima vazão de tomada d'água de fundo do reservatório r no mês t;

$Qf_r(t)$ – volume correspondente a vazão de descarga de fundo do reservatório r no mês t;

$Qv_r(t)$ – volume vertido do reservatório r no mês t;

$P_r(t)$ – volume precipitado no reservatório r no mês t;

$Ev_r(t)$ – volume evaporado no reservatório r no mês t;

$Qn_c(t)$ – volume correspondente a vazão de entrada no reservatório r oriundo de contribuições da c-ézima calha (trecho) do rio a montante do reservatório r no mês t.

Dependendo das vazões afluentes, a alocação mensal de água do reservatório para os diversos usos, as áreas do espelho d'água, as cotas do nível de água e os volumes mensais de água do reservatório variam de mês a mês sendo, portanto, necessário atualizá-los mensalmente. Para tanto, faz-se o uso das relações cota-área-volume de cada um dos reservatórios.

O volume precipitado e evaporado no reservatório em cada mês t é dado pelas equações:

$$P_r(t) = p_r(t) * \left(\frac{AR_r(t) + AR_r(t-1)}{2} \right) \quad (29)$$

$$E_r(t) = e_r(t) * \left(\frac{AR_r(t) + AR_r(t-1)}{2} \right) \quad (30)$$

onde:

p_r – taxa de precipitação para o reservatório r no mês t;

e_r – taxa de evaporação para o reservatório r no mês t;

$AR_r(t)$ – área do espelho d'água do reservatório r no final do mês t;

$AR_r(t-1)$ – área do espelho d'água do reservatório r no início do mês t.

As atualizações mensais das cotas, áreas e volumes também servem para que se estabeleçam limites para as tomadas d'água, descarregadores de fundo e extravasores.

A vazão a ser captada através das tomadas d'água está limitada a sua capacidade máxima e a cota da tomada d'água, escrito matematicamente pela expressão:

$$0 \leq Q_{tr_{\alpha(r)}}(t) \leq Q_{trmax_{\alpha(r)}}(t) \quad (31)$$

$$Q_{tr_{\alpha(r)}}(t) \geq 0, \text{ se } HR_r(t) \geq H_{tr_{\alpha(r)}} \quad (32)$$

onde:

$Q_{trmax_{\alpha(r)}}$ – vazão máxima de captação pela α -ézima tomada d'água do reservatório r;

$HR_r(t)$ – representa a cota do nível d'água do reservatório r no mês t;

$H_{tr_{\alpha(r)}}$ – representa a cota da α -ézima tomada d'água no reservatório r.

As vazões extravasadas pelos vertedouros somente serão verificadas se, e somente se, as condições abaixo forem satisfeitas:

$$0 \leq Q_{v_r}(t) \leq Q_{vmax_r} \quad (33)$$

$$Q_{v_r}(t) \geq 0, \text{ se } HR_r(t) \geq H_{vert_r} \quad (34)$$

onde:

Q_{vmax_r} – representa a vazão máxima vertida projetada para o reservatório r;

H_{vert_r} – representa a cota da soleira do vertedor do reservatório r.

A vazão liberada pelo descarregador de fundo (Q_{f_r}) do reservatório r está limitada por uma vazão de descarga de fundo máxima (Q_{fmax_r}) em cada mês t, sendo esta estimada pela equação abaixo, referida em DAEE (2005):

$$Q_{fmax_r}(t) = C_{f_r} * A_{f_r} * \sqrt{2g(HR_r(t) - H_{fs_r})} \quad (35)$$

onde:

C_{f_r} – coeficiente de vazão de descarga de fundo do reservatório r;

A_{f_r} – área da seção transversal do tubo de descarga de fundo do reservatório r;

H_{fs_r} – cota de jusante da geratriz inferior do tubo de descarga de fundo do reservatório r.

Na operação do reservatório, temos sempre um volume final $VR(t)$ e inicial $VR(t - 1)$ e conseqüentemente, uma cota final e inicial, resultando em duas vazões descarregadas máximas, uma no início do mês e outro no final do mês. Portanto para minimizar esse problema decidiu-se trabalhar com a média das duas vazões calculadas.

O volume de água do reservatório r esta limitado por:

$$VR_{morto_r} \leq VR_r(t) \leq VR_{cap_r} \quad (36)$$

onde:

VR_{morto_r} – representa o volume morto do reservatório r.

Para garantir a sustentabilidade hídrica do sistema, se faz necessário que o reservatório apresente o seu volume final igual ou superior ao seu volume inicial (Curi e Curi, 2001a). Este tipo de restrição pode ser incorporado ao problema estabelecendo que o volume mínimo do último mês seja igual ou superior ao volume inicial.

- Critérios operacionais e agronômicos

Outros aspectos relacionados com a agricultura irrigada são as restrições físicas e operacionais do sistema. Entre as restrições físicas pode-se destacar: a área a ser irrigada em cada unidade de produção ou perímetro, a vazão a ser captada para a unidade de produção ou perímetro e a não negatividade das variáveis. Com relação às restrições de ordem operacional estão relacionados: os critérios agronômicos e de mercado.

As limitações impostas pelas capacidades do canal ou do sistema adutor, pelo qual a água será transportada até as respectivas unidades de produção ou perímetro irrigado, podem ser representadas por:

$$\sum_{j=1}^{nc} Q_{irr_{jkt}} * A_{c_{jk}} \leq Qtmax_k \quad (37)$$

onde:

$Qtmax_k$ – é a capacidade mensal da vazão do sistema de captação para a unidade de produção ou perímetro k.

Para se estabelecer os limites superiores da capacidade de vazão para cada sistema adutor, calcula-se esta vazão máxima com os dados dos conjuntos locais de sistema moto-bomba, como é mostrado a seguir:

$$Qtmax_k = 3,6 * nh_k * nb_k * Vbcap_k \quad (38)$$

onde:

nh_k – número de horas médio mensais de trabalho do sistema de captação de água para a unidade de produção ou perímetro k;

nb_k – número de moto-bomba do sistema adutor para a unidade de produção ou perímetro k, com iguais capacidades de elevação de altura manométrica e vazão;

$Vbcap_k$ – vazão média mensal aduzida de cada bomba do sistema adutor para a unidade de produção ou perímetro k.

As restrições quanto ao limite máximo mensal de área, que poderá ser plantada por unidade de produção ou perímetro em cada mês, pode ser obtida pela expressão:

$$\sum_{j=1}^{nc} \xi_{jkt} * Ac_{jk}(n) \leq Apmax_{kt} \quad (39)$$

onde:

$Apmax_{kt}$ – limite máximo da área total que poderá ser plantada na unidade de produção ou perímetro k no mês t. Sendo:

$\xi_{jkt} = 1$, se a cultura j for plantada no mês t na unidade de produção ou perímetro k;

$\xi_{jkt} = 0$, se a cultura j não for plantada no mês t na unidade de produção ou perímetro k;

Com relação aos critérios agrônômicos e de mercado, o conjunto de restrições se refere aos limites mínimos e máximos das áreas a serem plantadas com cada tipo de cultura plantada por unidade de produção ou perímetro irrigado, expressa por:

$$Acmin_{jk}(n) \leq Ac_{jk}(n) \leq Acmax_{jk}(n) \quad (40)$$

onde:

$Acmin_{jk}$ – área mínima a ser plantada com a cultura j por unidade de produção ou perímetro k no ano n;

$Acmax_{jk}$ – área máxima a ser plantada com a cultura j por unidade de produção ou perímetro k no ano n.

4.3.1.3 Implementação do modelo de otimização multiobjetivo

O Artífício de Linearização por Segmentos garante para a minimização de uma função convexa em que os trechos segmentados da variável de decisão serão “percorridos” inicialmente pelos primeiros trechos, para então ser percorrida pelos próximos trechos. Porém, observou-se que em certos casos isso não ocorre, ou seja, para a modelagem proposta, pode haver combinações

dos valores dos trechos segmentados do volume de água do reservatório em um mês t que resultem em um volume de água armazenado no reservatório (volume este incorreto) de modo que alguma demanda ou restrição imposta possa ser atendida ou auxiliada por esse procedimento.

Isso ocorre devido ao caráter multiobjetivo do modelo, onde o atendimento de determinada demanda do sistema tenha maior prioridade do que o volume meta do reservatório. Assim, por exemplo, quando o sistema estiver em um período crítico (como um ano seco ou no atendimento demanda muito alta, por exemplo), para se garantir o atendimento das demandas com prioridade maior do que o volume meta do reservatório r , o volume evaporado pode ser diminuído preenchendo os últimos trechos segmentados do volume de água do reservatório, para curva área-volume convexa, pois as declividades dos últimos trechos segmentados são menores do que os primeiros trechos, o que resultará em um menor valor da área do espelho d'água do reservatório e conseqüentemente no volume evaporado garantindo assim uma maior quantidade de água para o suprimento das demandas.

Para contornar tal problema é utilizado um procedimento iterativo do uso da PL, denominado Programação Linear Seqüencial (ou Sucessiva) onde em cada iteração os trechos segmentados do volume do reservatório são ajustados de modo a resultarem em um volume de água armazenado de forma correta.

Tem-se que logo na primeira otimização ($l = 1$) os valores de cada trecho segmentado podem estar corretos, indicando assim a solução ótima do problema. Porém quando isso não ocorre, para uma boa aceitação dos resultados, além da verificação dos valores dos trechos segmentados, é analisado os valores calculados para a função objetivo f_o , sendo avaliado através do erro relativo ($erro_{f_o}$), dado por:

$$erro_{f_o} = \left| \frac{f_{o_l} - f_{o_{l-1}}}{f_{o_l}} \right| \leq tol \quad (41)$$

onde:

l – indica o número de vezes que está sendo aplicado o processo de otimização em PL ($l \geq 2$);

f_{o_l} – valor da função objetivo para a l -ésima otimização.

O Erro relativo (erro_{fo}) deve respeitar certo nível de tolerância (tol) especificado para o sistema a ser otimizado. Para esse trabalho, está sendo analisada uma tolerância da ordem de 10^{-8} .

O fluxograma geral do modelo está apresentado na . É importante ressaltar que as saídas do modelo, que possibilitam extensivas análises de desempenho do sistema hídrico em estudo, são os valores mensais para volumes, cotas e áreas de espelho d'água, vazões mensais de afluxos, de descargas e de sangria por reservatório; vazões mensais nas tomadas d'água e nas calhas do rio; vazões mensais para irrigação por perímetro, áreas irrigadas e mão de obra alocadas por cultura e por perímetro, receita líquida anual auferida por cultura em cada perímetro.

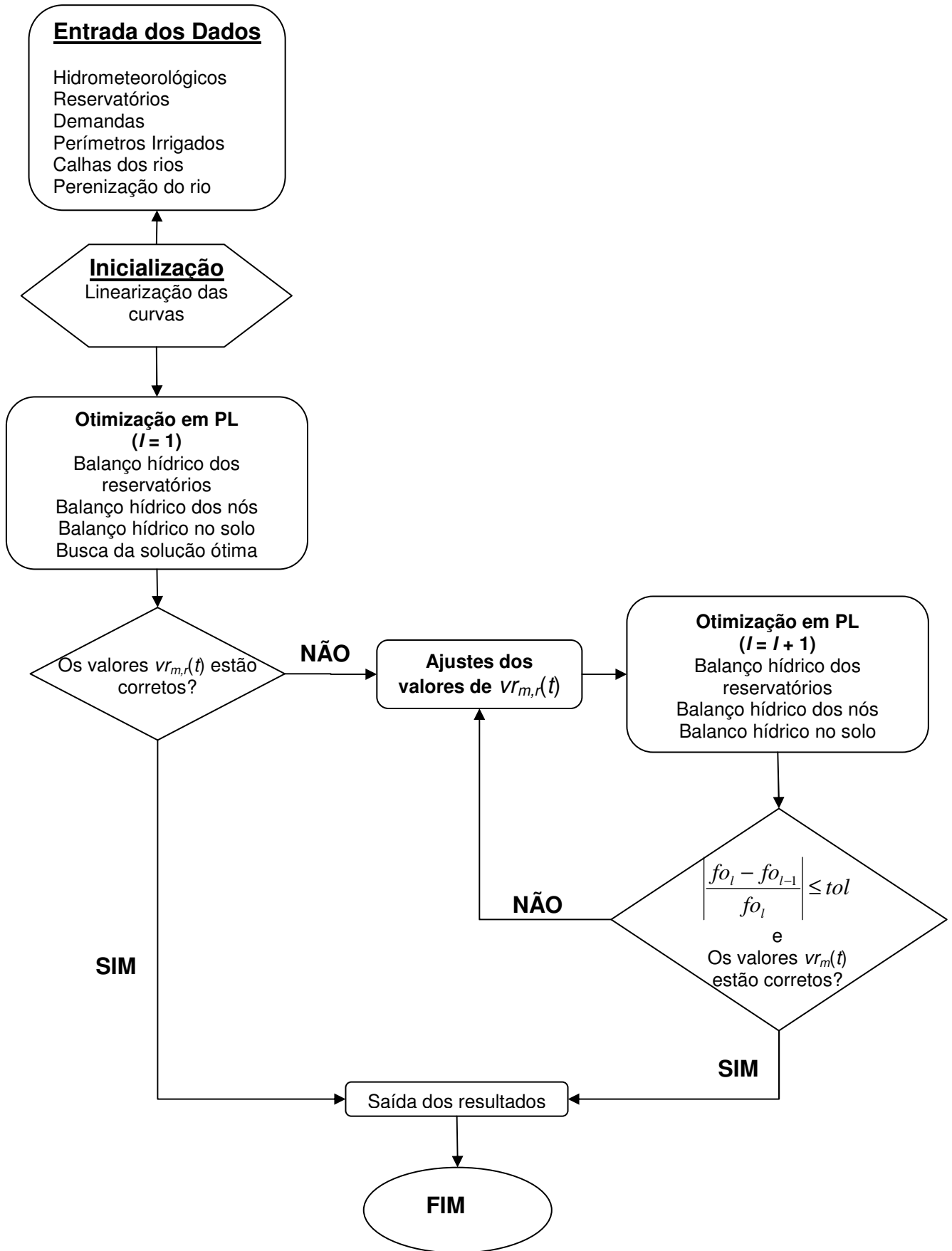


Figura 7 - Fluxograma do modelo de otimização

4.3.2 Indicadores de Eficiência e Sustentabilidade

Durante a última década houve um aumento do interesse na busca de indicadores de sustentabilidade por parte de organismos governamentais, não-governamentais, institutos de pesquisa e universidades em todo o mundo (Marzall e Almeida, 1999).

Um indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade. A sua principal característica é a de poder sintetizar um conjunto complexo de informações, retendo apenas o significado essencial dos aspectos analisados .

Em Molden et al. (1998), é feito um detalhamento dos indicadores para comparação de performance de sistemas de irrigação, onde são enfocados 5 tipos de características principais:

1. Os indicadores que são baseados em comparação relativa de valores absolutos, ao invés daqueles referenciados como “padrões” ou “metas”;
2. Os indicadores que apontam fenômenos que são comuns para irrigação e sistema de agricultura irrigada;
3. O conjunto de indicadores é pequeno, mas relevante o suficiente para inferir informações sobre a saída do sistema;
4. Os procedimentos de aquisição de dados não são tão complicados ou caros;
5. Os indicadores apontam saídas e medidas de irrigação.

Um indicador é apenas uma medida, não um instrumento de previsão ou uma medida estatística definitiva, tampouco uma evidência de causalidade; ele apenas constata uma dada situação. As possíveis causas, conseqüências ou previsões que podem ser feitas são um exercício de abstração do observador, de acordo com sua bagagem de conhecimento e sua visão de mundo (MARZALL e ALMEIDA, 1999). A visão clara do objetivo (sustentabilidade) é que irá estabelecer o processo de interpretação dos resultados obtidos com a leitura do indicador. Um indicador deve fornecer uma resposta imediata às mudanças efetuadas ou ocorridas em um dado sistema, ser de fácil aplicação (custo e tempo adequados e viabilidade para efetuar a medida deve permitir

um enfoque, relacionando-se com outros indicadores e permitindo analisar essas relações). Além disso, deverá ser dirigido ao usuário, ser útil e significativo para seus propósitos, além de compreensível.

Ainda de acordo com Marzall e Almeida (1999), um dos aspectos críticos é a metodologia (a ser) adotada tanto para a determinação do indicador quanto para sua leitura e interpretação. Independente da escolha, esta deve ser clara e transparente, não deixando dúvidas sobre quais os princípios que estão na base do processo. Uma avaliação tem por objetivo caracterizar e acompanhar um dado sistema, dentro de uma realidade conceitual, e dessa forma permitir:

- (i) a quantificação de fenômenos complexos;
- (ii) a simplificação dos mecanismos e lógicas atuantes na área considerada;
- (iii) a determinação de como as ações humanas estão afetando seu entorno;
- (iv) alertar para as situações de risco e conseqüente mobilização dos atores envolvidos;
- (v) prever situações futuras; e
- (vi) informar e guiar decisões políticas.

Um aspecto determinante é que não existe a possibilidade de determinar a sustentabilidade de um sistema considerando apenas um indicador, ou indicadores que se refiram a apenas um aspecto do sistema. A sustentabilidade é determinada por um conjunto de fatores (econômicos, sociais e ambientais), e todos devem ser contemplados. Dessa forma, ao se avaliar a sustentabilidade se deve usar sempre um conjunto de indicadores.

Neste trabalho estudou-se o comportamento e a viabilidade do uso otimizado dos recursos hídricos e determinou indicadores de eficiência e sustentabilidade no uso dos recursos hídricos e indicadores de eficiência da agricultura irrigada.

4.3.2.1 Indicadores de Sustentabilidade

Hashimoto *et al.* (1982) estabeleceram três indicadores de sustentabilidade (Confiabilidade, Resiliência e Vulnerabilidade), com relação ao risco no atendimento às demandas, os quais auxiliam na avaliação da

operação do sistema hídrico e na análise de futuros projetos a serem implantados (são índices de adequação operacional).

Considerando a Figura 8, seja V_t os possíveis valores do volume liberado do reservatório no tempo t , que pode estar contido em dois conjuntos: S , o conjunto de todos os valores satisfatórios, ou seja, quando o volume liberado do reservatório é igual ao volume necessário para atender à demanda e F o conjunto de todos os valores insatisfatórios, isto é, quando o volume liberado é menor do que o volume necessário para atender à demanda, portanto:

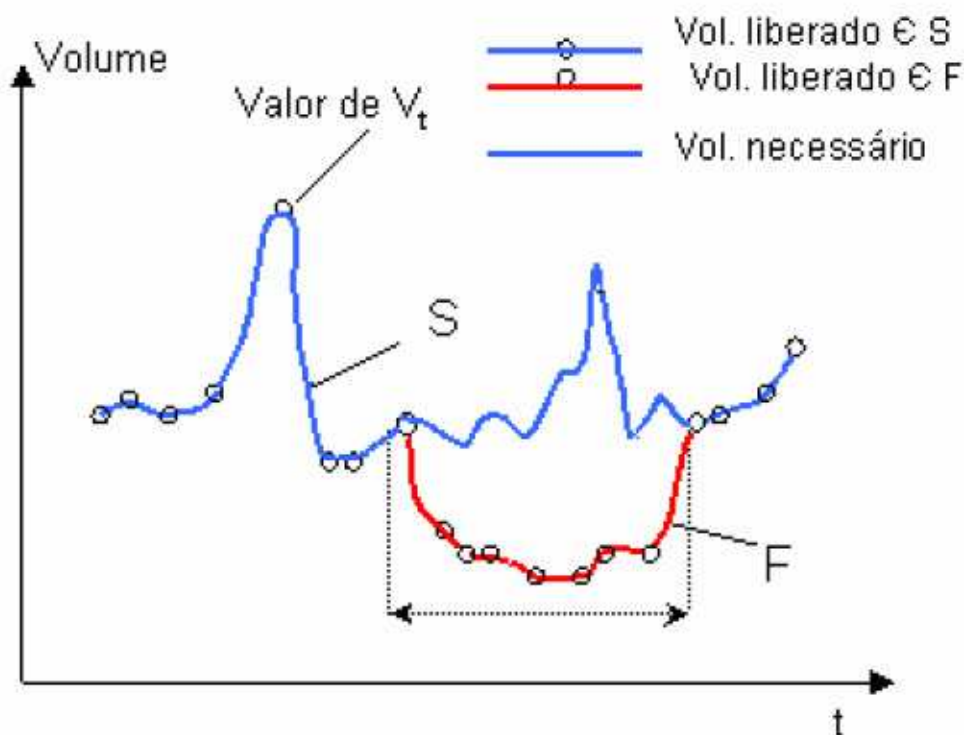


Figura 8 - Exemplo fictício de descargos de reservatórios.

A **Confiabilidade** mede a percentagem do tempo em que o sistema funciona sem falhas, ou seja, é a probabilidade de funcionamento sem falhas de atendimento as demandas.

$$Conf = Prob(V_t \in S) \quad (1)$$

A **Resiliência** mede a forma como o sistema retorna de uma falha caso esta tenha ocorrido, ou seja, avalia a média do quão rapidamente o sistema retorna a um estado satisfatório de atendimento a demanda. Por exemplo, um sistema que tenha muitas falhas, mas que tende a se recuperar rapidamente, em alguns casos, é preferível a um sistema que tenha poucas falhas, mas que se recuperem lentamente.

$$Res = \frac{Prob((V_t \in F)e(V_{t+1} \in S))}{Prob(V_t \in F)} \quad (2)$$

Ou

$$Res = Prob\{(V_{t+1} \in S) | (V_t \in F)\} \quad (3)$$

A **vulnerabilidade** mede a magnitude das falhas se esta tenha ocorrido.

$$Vul = \frac{1}{\eta_f} \sum \left| \frac{V_t - V_d}{V_d} \right| \quad (4)$$

Onde η_f é o número de eventos de falhas e V_d é a demanda necessário no tempo t .

Em Kjeldsen e Rosbjerg (2001), ainda foi proposto um índice de sustentabilidade geral definido por:

$$Sustentabilidade = Confiabilidade * Resiliência * [1 - Vulnerabilidade]$$

4.3.2.2 Indicadores de Eficiência Associados aos Reservatórios

Para medir a eficiência dos reservatórios foram utilizados 6 indicadores, citados em Barbosa (2008), os quais são:

η_{vr} – relação entre a variabilidade volumétrica do reservatório e a vazão total afluente no período de estudo. Esse índice denota a perda ou ganho de volume no reservatório (variabilidade intra-anual do volume do reservatório);

$$\eta_{vr} = \frac{(VrFinal - VrInicial)}{\sum Qa_t + \sum P_t} \quad (5)$$

η_E - relação entre a evaporação anual (superfície do reservatório) e a vazão total afluyente no período de estudo. Este índice nos diz o percentual perdido por evaporação de toda afluência. Características:

$$\eta_E = \frac{\sum E_t}{\sum Qa_t + \sum P_t} \quad (6)$$

- Estabelece a eficiência quanto ao armazenamento da água;
- Pode indicar que o reservatório tenha baixa profundidade e grande área do espelho líquido;
- Pode ser usado no estabelecimento de quão rápido a água tenha que ser usada para minorar as perdas evaporativas;
- Altos índices indicam que reservatórios são incapazes de prover regularização interanual;
- No nordeste têm índices que variam de 5% até valores acima de 30%.

η_P - relação entre o volume precipitado sobre o reservatório e a vazão total afluyente no período de estudo. Esse índice indica o percentual de precipitação direta sobre a bacia hidráulica do reservatório.

$$\eta_P = \frac{\sum P_t}{\sum Qa_t + \sum P_t} \quad (7)$$

Características:

- Pode indicar que o reservatório tenha baixa profundidade e grande área do espelho líquido;
- Altos índices indicam que a bacia de contribuição é pequena.

η_V - relação entre o vertimento anual (sangria do reservatório) e a vazão total afluyente no período de estudo.

$$\eta_V = \frac{\sum Qv_t}{\sum Qa_t + \sum P_t} \quad (8)$$

Características:

– Estabelece, também, a eficiência quanto ao armazenamento da água e a capacidade do reservatório;

– Indica o quanto o reservatório desperdiça da água afluyente;

– Nordeste tem baixos índices.

η_e – Relação entre descarga de fundo (perenizar o rio, vazões ecológicas ou atendimento à demandas de jusante) e a quantidade de água (vazão afluyente total).

$$\eta_e = \frac{\sum Qd_t}{\sum Qa_t + \sum P_t} \quad (9)$$

Características:

– Estabelece a eficiência quanto ao uso da água;

– Altos índices indicam que existem poucos desperdícios;

– Nordeste tem índice médio na faixa de 25%.

η_d – Relação entre demanda e a vazão afluyente total. Ele indica o quanto de água foi utilizada para atender as demandas locais (uso humano, industrial, irrigação, etc).

$$\eta_d = \frac{\sum Qd_t}{\sum Qa_t} \quad (10)$$

Outros três indicadores associados aos reservatórios foram extraídos de Vieira (1996), que relacionam potencialidade, disponibilidade e demanda.

A **potencialidade** é obtida pela soma dos afluxos mais a precipitação direta, a **disponibilidade** é igual a soma dos afluxos mais a precipitação direta menos as perdas por evaporação ou em trânsito e as **demandas** são os usos consuntivos (tomadas d'água para abastecimento humano e irrigação).

IAP – Índice de Ativação da Potencialidade, definido como a razão entre a disponibilidade e a potencialidade. Indica o percentual de água utilizado em relação a totalidade de água disponível na bacia (retirando as perdas por evaporação e vertimento);

$$IAP = \frac{\textit{Disponibilidade}}{\textit{Potencialidade}} \quad (11)$$

IUD - Índice de Utilização da Disponibilidade, razão entre a demanda e a disponibilidade. Indica o quanto da água disponível foi destinada para o atendimento as demandas;

$$IUD = \frac{\textit{Demanda}}{\textit{Disponibilidade}} \quad (12)$$

IUP – Índice de Utilização da Potencialidade, razão entre a demanda e a potencialidade. Indica o quanto de água (total das afluências) foi utilizada para as demandas;

$$IUP = \frac{\textit{Demanda}}{\textit{Potencialidade}} \quad (13)$$

4.3.2.3 Indicadores de Desempenho das Áreas Irrigadas

Os indicadores de desempenho das áreas irrigadas usados nesta pesquisa foram citados em Celeste (2006) e Barbosa (2008):

FRA - Fornecimento Relativo de Água, este indicador relaciona o suprimento total de água, ou seja, volume fornecido através da irrigação (**V_f**) mais precipitação efetiva (**P_e**) dividido pela demanda hídrica das culturas (ETP). Ele determina o percentual de água disponível utilizada para atender a necessidade da cultura;

$$FRA = \frac{V_f + P_e}{ETP} \quad (14)$$

FRI - Fornecimento Relativo a Irrigação, é o volume fornecido através da irrigação (**V_f**) dividido pela demanda hídrica das culturas (ETP) subtraída da precipitação efetiva (**P_e**). Indica qual percentual de água gasto para atender a necessidade líquida de água na cultura.

$$FRI = \frac{V_f}{ETP - P_e} \quad (15)$$

RGC - Razão Global de Consumo, este indicador está intimamente relacionado com o manejo da água e com o nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (eficiência na aplicação da água). O volume de água fornecido ao projeto é determinado como uma função do uso consuntivo das culturas. Em outras palavras, a água fornecida que poderia adequadamente alcançar as necessidades das culturas no projeto. Como a precipitação pode suprir as necessidades da cultura, em parte ou completamente, é preciso descontá-la da ETP (evapotranspiração), deste modo fornecendo uma estimativa mais realista do requerimento de água na área irrigada (Brito et al., 1998). A razão global (projeto) de consumo quantifica a fração da irrigação evapotranspirada pelas culturas no balanço hídrico da área irrigada;

$$RGC = \frac{ETP - P_e}{V_f} \quad (16)$$

FMA - Fornecimento Médio de Água, segundo Brito et al. (1998), a definição em termos de volume por hectare, dá uma indicação sobre o quanto de água está sendo utilizada para produzir um hectare de área cultivada. A partir da década de 1970, Svendsen e Vermillion (1994) observaram que o fornecimento médio de água nas tomadas das parcelas diminuiu consideravelmente no Projeto da Bacia Columbia. Essa observação coincide com o período de maior expansão da área sob irrigação por aspersão. Portanto, essa diminuição pode estar relacionada com a mudança para uma tecnologia de aplicação de água mais eficiente, ou seja, do sistema de irrigação por superfície para sistemas de aspersão;

$$FMA = \frac{V_f}{\text{Área Irrigada}} \quad (17)$$

CUI – Capacidade de Uso das Instalações, este índice relaciona o percentual de área irrigada pela área do perímetro.

$$CUI = \frac{\text{Área Irrigada}}{\text{Área Total do Perímetro}} \quad (18)$$

5. Dados de entrada do modelo

Neste capítulo, serão apresentados e discutidos, os dados utilizados no estudo de otimização do modelo, sua obtenção e métodos de tratamento empregados. Os dados foram originados de diversas fontes, dentre elas: Instituições do governo em esferas federal, estadual e municipal, empresas privadas, associações, ONG's, etc. Apenas os elementos principais serão apresentados, de forma sucinta.

5.1 Precipitação

Foi utilizada uma série de 10 anos (1981-1990), obtidas da SUDENE através de AESA (2008). A justificativa de usar os anos 1981-1990 é compatibilizar com os dados obtidos de vazões afluentes.

Tabela 21 - Série de Precipitação (mm/mês)

| | jan | fev | mar | abr | Mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| 1981 | 73,5 | 21,8 | 284,5 | 18,2 | 13,6 | 52,1 | 54,39 | 0,0 | 3,8 | 0,0 | 9,1 | 16,0 |
| 1982 | 6,6 | 97,7 | 7,2 | 136,2 | 59,2 | 140,2 | 27,0 | 37,0 | 2,3 | 0,0 | 0,0 | 2,8 |
| 1983 | 70,2 | 117,5 | 44,0 | 47,3 | 43,6 | 32,4 | 29,0 | 30,8 | 1,0 | 15,2 | 0,0 | 0,0 |
| 1984 | 2,20 | 0,2 | 132,0 | 147,4 | 121,3 | 30,5 | 94,8 | 56,0 | 20,6 | 10,3 | 5,4 | 0,6 |
| 1985 | 16,20 | 228,2 | 111,2 | 244,3 | 30,4 | 43,8 | 54,8 | 36,9 | 20,6 | 0,0 | 4,8 | 20,6 |
| 1986 | 29,0 | 131,1 | 133,6 | 62,3 | 17,0 | 53,2 | 68,4 | 61,3 | 8,6 | 0,0 | 0,0 | 32,4 |
| 1987 | 2,8 | 2,0 | 78,0 | 50,3 | 8,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1988 | 35,4 | 61,6 | 126,0 | 81,8 | 33,8 | 33,6 | 108,3 | 26,2 | 6,4 | 0,0 | 0,0 | 30,6 |
| 1989 | 0,0 | 0,0 | 62,4 | 70,8 | 84,7 | 59,8 | 51,7 | 53,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 33,7 |
| 1990 | 0,0 | 12,2 | 0,0 | 44,5 | 41,8 | 38,2 | 74,9 | 29,5 | 42,0 | 12,3 | 0,0 | 0,0 |
| média | 23,59 | 67,23 | 97,89 | 90,31 | 45,36 | 48,38 | 56,33 | 33,10 | 10,53 | 3,78 | 1,93 | 13,67 |

5.2 Evaporação

Os dados de evaporação foram obtidos em AESA (2008).

Tabela 22 - Evaporação (média) em mm/mês

| Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 147,1 | 132,5 | 108,1 | 88,3 | 102,5 | 64,9 | 73,0 | 105,1 | 126,1 | 153,6 | 151,2 | 165,0 |

5.3 Afluências

As vazões afluentes foram obtidas de AESA (2008).

Tabela 23 - Série de Vazões Afluentes (m³/s)

| Série de Fluviometria (m ³ /s) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ano | Mês | | | | | | | | | | | | Média | |
| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | | |
| 1981 | 0,94 | 0,43 | 38,32 | 77,89 | 17,41 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,28 | 11,27 |
| 1982 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,20 | 10,42 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,15 |
| 1983 | 0,00 | 4,57 | 0,43 | 0,23 | 0,15 | 0,08 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,47 |
| 1984 | 0,00 | 0,00 | 4,42 | 30,09 | 15,68 | 1,75 | 1,04 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,44 |
| 1985 | 0,15 | 31,03 | 62,51 | 118,26 | 120,53 | 64,04 | 24,98 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 35,15 |
| 1986 | 0,23 | 8,49 | 37,51 | 26,58 | 3,25 | 0,08 | 1,19 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,46 |
| 1987 | 0,00 | 0,00 | 8,74 | 2,72 | 0,00 | 0,03 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,97 |
| 1988 | 0,00 | 1,60 | 10,39 | 5,49 | 1,93 | 0,08 | 0,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,68 |
| 1989 | 0,00 | 0,00 | 0,74 | 40,81 | 28,03 | 0,43 | 4,47 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,25 | 6,48 |
| 1990 | 0,51 | 0,76 | 0,08 | 0,03 | 0,08 | 0,28 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,16 |
| Média | 0,18 | 4,69 | 16,31 | 30,53 | 19,75 | 6,70 | 3,26 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 6,82 |

5.3.1 Abastecimento urbano

A retirada de 1 m³/s do reservatório de Boqueirão atende o abastecimento humano e industrial. Essa demanda diz respeito ao atendimento de todo compartimento da Borborema, abrangendo uma população aproximada de 506.734 habitantes (SEMARH, 2006).

5.3.2 Irrigação

As necessidades de água para irrigação em geral são sazonais, com um máximo durante os meses secos, e pouca ou nenhuma demanda nos meses chuvosos. As necessidades de água têm uma certa variabilidade de ano para ano, embora os anos de baixa precipitação, em geral, provoquem uma maior demanda do que anos de elevada precipitação.

5.4 Preço da água

Foi atribuído o valor de 0,005 R\$/m³ no preço da água para irrigação, obtido de Santos (2007).

5.5 Preço da energia elétrica

Foi atribuído o valor de 0,12664 R\$/Kw no preço da energia elétrica (ENERGISA, 2008; SANTOS, 2007).

5.6 Dados Estruturais

5.6.1 Volume máximo do reservatório

De acordo com batimetria feita, o volume máximo é de 411.686.287 m³ (SEMARH, 2004; DNOCS, 2008).

5.6.2 Volume mínimo do reservatório

O volume mínimo adotado, teve como base o volume morto (15,048,544 m³) e o volume máximo. Neste estudo usou-se 30% do volume máximo como o volume mínimo.

5.6.3 Vazão extravasada máxima

A vazão extravasada máxima permitida pelo extravasor do reservatório é de 2.610 m³/s (DNOCS, 2008).

5.6.4 Vazão regularizada mínima mensal

Atualmente o reservatório não libera água para o rio, só por vertimento.

5.6.5 Cota x Área x Volume

A curva cota x área x volume foi obtida em SEMARH (2004), conforme Tabela 24.

Tabela 24 - Cota x Área x Volume

| Cota (m) | Área (m ²) | Volume (m ³) |
|----------|------------------------|--------------------------|
| 343,00 | 37.223 | 16.994 |
| 344,00 | 70.593 | 69.800 |
| 345,00 | 142.867 | 174.286 |
| 346,00 | 257.180 | 366.771 |
| 347,00 | 421.869 | 707.956 |
| 348,00 | 631.536 | 1.230.617 |
| 349,00 | 873.903 | 1.981.542 |
| 350,00 | 1.158.564 | 2.990.176 |
| 351,00 | 1.506.467 | 4.314.820 |
| 352,00 | 1.866.251 | 5.996.469 |
| 353,00 | 2.261.179 | 8.058.687 |
| 354,00 | 2.697.741 | 10.529.191 |
| 355,00 | 3.217.443 | 13.477.904 |
| 356,00 | 3.859.121 | 17.006.273 |
| 357,00 | 4.556.783 | 21.217.917 |
| 358,00 | 5.260.937 | 26.112.154 |
| 359,00 | 6.158.316 | 31.819.531 |
| 360,00 | 7.030.425 | 38.416.664 |
| 361,00 | 8.029.009 | 45.934.680 |
| 362,00 | 8.999.597 | 54.453.579 |
| 363,00 | 10.013.408 | 63.965.416 |
| 364,00 | 11.031.533 | 74.490.376 |
| 365,00 | 12.260.463 | 86.139.409 |
| 366,00 | 13.693.060 | 99.074.597 |
| 367,00 | 15.486.319 | 113.650.769 |
| 368,00 | 17.365.964 | 130.099.018 |
| 369,00 | 19.443.185 | 148.504.719 |
| 370,00 | 21.743.159 | 169.122.415 |
| 371,00 | 24.290.550 | 192.184.935 |
| 372,00 | 26.752.308 | 217.765.387 |
| 373,00 | 29.120.116 | 245.796.027 |
| 374,00 | 31.256.425 | 276.130.869 |
| 375,00 | 33.046.998 | 308.486.064 |
| 376,00 | 34.539.523 | 342.495.505 |
| 377,00 | 36.142.787 | 377.846.134 |
| 377,55 | 38.135.841 | 397.990.704 |
| 377,90 | 39.623.321 | 411.686.287 |

No Gráfico 1, tem-se a curva área x volume do reservatório de Boqueirão.

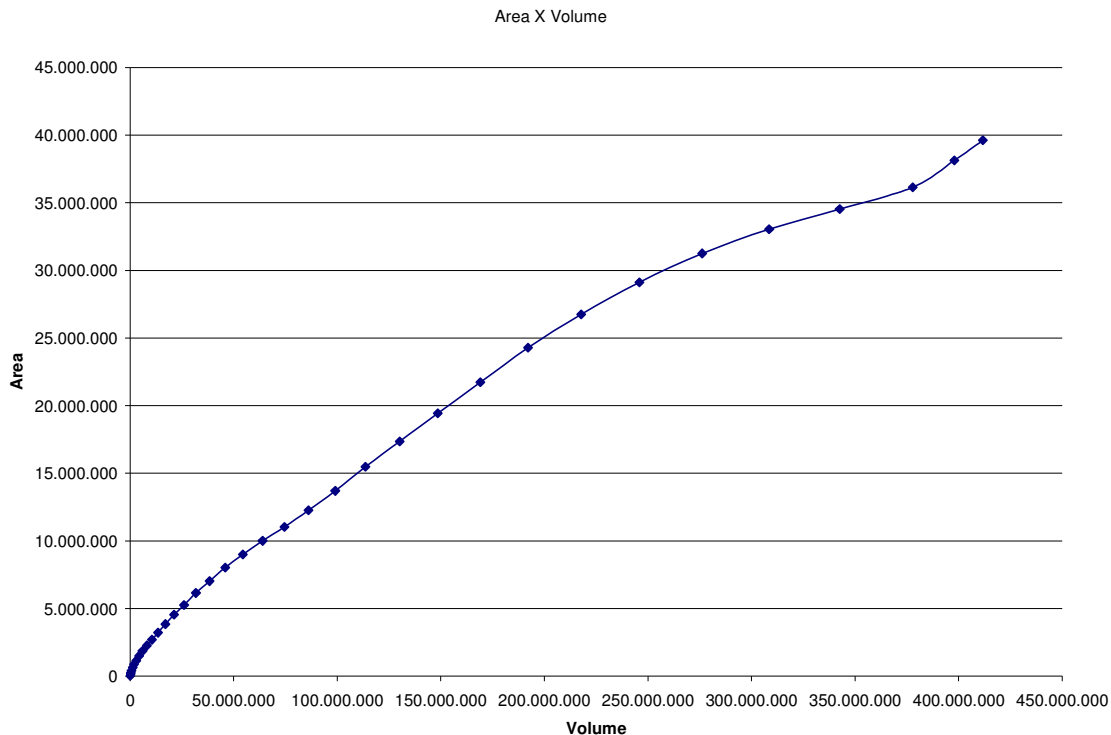


Gráfico 1 - Curva Área x Volume do Reservatório.

No modelo, utilizou-se a função $Ar(i)=km*Vr(i)^{mm}$ para calcular a área da superfície do reservatório, onde:

$Ar(i)$ - é a área da superfície do reservatório no mês i (m^2);

$Vr(i)$ - é o volume do reservatório no mês (m^3);

Km e mm - são os coeficientes da relação área x volume do reservatório.

5.7 Dados das culturas e áreas cultiváveis

Em visita de campo, foram escolhidas 10 culturas que refletem o estado atual das áreas irrigadas de Boqueirão (AIAB, 2008). As culturas selecionadas foram: tomate, pimentão, feijão, repolho, alface, cebola, banana, goiaba, mamão e limão.

5.7.1 Plano Cultural

O plano cultural foi obtido da AIAB (2008), visto na Tabela 25.

Tabela 25 - Plano Cultural das áreas irrigadas de Boqueirão

| Culturas | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Tomate | | X | X | X | X | | | | | | | |
| Tomate Ent | | | | | | | | X | X | X | X | |
| Pimentão | | X | X | X | X | | | | | | | |
| Pimentão Ent | | | | | | | | X | X | X | X | |
| Feijão | | X | X | X | | | | | | | | |
| Feijão Ent | | | | | | | | X | X | X | | |
| Repolho | | X | X | X | | | | | | | | |
| Repolho Ent | | | | | | | | X | X | X | | |
| Alface | | X | X | X | | | | | | | | |
| Alface Ent | | | | | | | | X | X | X | | |
| Cebola | | X | X | X | X | | | | | | | |
| Cebola Ent | | | | | | | | X | X | X | X | |
| Banana | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Goiaba | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Mamão | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Limão | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

Ent - entressafra

5.7.2 Coeficientes de cultivo

Tabela 26 - Tabela de Coeficientes de Cultivo (Kc).

| Culturas | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Tomate | | 0,50 | 0,75 | 1,15 | 0,80 | | | 0,50 | 0,75 | 1,15 | 0,80 | |
| Pimentão | | 0,30 | 0,40 | 1,10 | 0,30 | | | 0,30 | 0,40 | 1,10 | 0,30 | |
| Feijão | | 0,70 | 1,10 | 0,90 | | | | 0,70 | 1,10 | 0,90 | | |
| Repolho | | 0,40 | 0,60 | 0,33 | | | | 0,40 | 0,60 | 0,33 | | |
| Alface | | 0,25 | 0,35 | 0,20 | | | | 0,25 | 0,35 | 0,20 | | |
| Cebola | | 0,20 | 0,45 | 0,20 | 0,10 | | | 0,20 | 0,45 | 0,20 | 0,10 | |
| Banana | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| Goiaba | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| Mamão | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,90 | 0,90 |
| Limão | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,65 | 0,65 | 0,65 |

Fonte: Gomes, 1999.

5.7.3 Preço médio unitário de venda

Os preços unitários de cada cultura são dados em R\$ por Kg, foram obtidos da CEASA-PE em 01/10/2008, onde o preço do produto foi reduzido de 30%, para computar o ganho do atravessador, e na entressafra foi adicionado

20% no preço reduzido, representando um provável aumento de preço no período.

Tabela 27 - Preço Unitário de Venda
Agricultura convencional (R\$/kg)

| | |
|-----------------------------|-------------|
| Tomate | 0,28 |
| Tomate Entressafra | 0,34 |
| Pimentão | 1,32 |
| Pimentão Entressafra | 1,58 |
| Feijão | 2,10 |
| Feijão Entressafra | 2,52 |
| Repolho | 0,70 |
| Repolho Entressafra | 0,84 |
| Alface | 0,55 |
| Alface Entressafra | 0,66 |
| Cebola | 0,53 |
| Cebola Entressafra | 0,63 |
| Banana | 0,50 |
| Goiaba | 0,56 |
| Mamão | 0,84 |
| Limão | 3,06 |

A pesquisa de variação de preços de produtos orgânicos em relação aos preços dos produtos convencionais foi realizada em fornecedores, nas feiras livres e supermercados, no período de fevereiro de 2009. A variação desses preços ficou em média 50% mais caros que os produtos convencionais nas culturas sazonais (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 25% mais caros os preços das frutas (banana, goiaba, mamão e limão).

Tabela 28 - Preço médio unitário de venda
Agricultura orgânica (R\$/kg)

| | |
|-----------------------------|-------------|
| Tomate | 0,35 |
| Tomate Entressafra | 0,42 |
| Pimentão | 1,65 |
| Pimentão Entressafra | 1,97 |
| Feijão | 2,63 |
| Feijão Entressafra | 3,15 |
| Repolho | 0,88 |
| Repolho Entressafra | 1,05 |
| Alface | 0,69 |
| Alface Entressafra | 0,83 |
| Cebola | 0,66 |
| Cebola Entressafra | 0,79 |
| Banana | 0,75 |
| Goiaba | 0,84 |
| Mamão | 1,26 |
| Limão | 4,59 |

5.7.4 Produtividade

Aqui, dividiu-se em dois tipos: produtividade de uma produção de manejo convencional e produtividade de uma produção de manejo orgânico, onde neste usou-se um redutor de 30% (Santos e Santos, 2008), tendo como base as planilhas do BNB (BNB, 2008b).

Tabela 29 - Produtividade das culturas convencionais

| Culturas | (kg/ha) (sem redutor) | | | | | |
|----------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | ANO I | ANO 2 | ANO 3 | ANO 4 | ANO 5 | ANO 6 |
| Tomate | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 |
| Pimentão | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 |
| Feijão | 1.800 | 1.800 | 1.800 | 1.800 | 1.800 | 1.800 |
| Repolho | 25.000 | 25.000 | 25.000 | 25.000 | 25.000 | 25.000 |
| Alface | 27.550 | 27.550 | 27.550 | 27.550 | 27.550 | 27.550 |
| Cebola | 15.000 | 15.000 | 15.000 | 15.000 | 15.000 | 15.000 |
| Banana | 10.000 | 30.000 | 40.000 | | | |
| Goiaba | 1.000 | 4.000 | 12.000 | 16.000 | 16.000 | 16.000 |
| Mamão | 10.000 | 30.000 | 15.000 | | | |
| Limão | 0 | 0 | 3.000 | 10.000 | 20.000 | 30.000 |

Tabela 30 - Produtividade das culturas orgânicas

| Culturas | (kg/ha) (reduzido de 30%) | | | | | |
|----------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | ANO 1 | ANO 2 | ANO 3 | ANO 4 | ANO 5 | ANO 6 |
| Tomate | 35.000 | 35.000 | 35.000 | 35.000 | 35.000 | 35.000 |
| Pimentão | 14.000 | 14.000 | 14.000 | 14.000 | 14.000 | 14.000 |
| Feijão | 1.260 | 1.260 | 1.260 | 1.260 | 1.260 | 1.260 |
| Repolho | 17.500 | 17.500 | 17.500 | 17.500 | 17.500 | 17.500 |
| Alface | 19.285 | 19.285 | 19.285 | 19.285 | 19.285 | 19.285 |
| Cebola | 10.500 | 10.500 | 10.500 | 10.500 | 10.500 | 10.500 |
| Banana | 7.000 | 21.000 | 28.000 | | | |
| Goiaba | 700 | 2.800 | 8.400 | 11.200 | 11.200 | 11.200 |
| Mamão | 7.000 | 21.000 | 10.500 | | | |
| Limão | 0 | 0 | 2.100 | 7.000 | 14.000 | 21.000 |

5.7.5 Mão-de-obra

A Tabela 31 mostra a mão-de-obra empregada por tipo de cultura, em homens/dia (BNB, 2008b).

Tabela 31 - Mão-de-obra empregada por culturas.

| Culturas | Média Mão de Obra (1 ANO) por hectare (Homens/Dia) |
|---------------|--|
| Tomate | 367 |
| Tomate ENTR | 367 |
| Banana | 213 |
| Cebola | 211 |
| Cebola ENTR | 211 |
| Mamão | 192 |
| Pimentão | 192 |
| Pimentão ENTR | 192 |
| Alface | 156 |
| Alface ENTRES | 156 |
| Repolho | 142 |
| Repolho ENTR | 142 |
| Limão | 113 |
| Goiaba | 110 |
| Feijão | 76 |
| Feijão ENTR | 76 |

5.7.6 Custo de Produção

Os custos de produção, tanto convencional como orgânica, foram calculados na etapa 2 - ELABORAÇÃO DE PLANILHAS QUANTITATIVAS (Tabela 15 e Tabela 18).

5.7.7 Áreas das Culturas

As áreas máximas estipuladas das culturas foram obtidas em (VIEIRA, 2008) totalizando 1.042 ha, mas segundo AIAB (2008) estão disponíveis para implantação/alocação de culturas aproximadamente 1.020 ha.

Tabela 32 - Áreas das culturas (ha)

| TOM | PIM | FEI | REP | CEB | ALF | BAN | GOI | MAM | LIM | TOTAL |
|--------|-----|--------|------|-----|------|-------|-----|-----|-----|-------|
| 138,95 | 149 | 135,88 | 52,5 | 30 | 32,7 | 352,5 | 50 | 50 | 50 | 1.042 |

TOM – tomate, PIM – pimentão, FEI – feijão, REP – Repolho, CEB – cebola, ALF – Alface, BAN – banana, GOI – Goiaba, MAM – mamão, LIM – limão.

As áreas mínimas foram estipuladas em 30% das áreas máximas das culturas, para garantir uma produção mínima rentável.

5.7.8 Dados do sistema de irrigação aplicado as culturas

A Tabela 33 mostra os tipos de sistemas de irrigação associados às culturas e suas eficiências nas áreas irrigadas de Boqueirão (GOMES, 1999).

Tabela 33 - Sistemas de irrigação para as culturas

| Culturas | Sistema de Irrigação | Eficiência de Aplicação (%) | Eficiência de Distribuição (%) |
|----------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Tomate | gotejamento | 0.95 | 0.9 |
| Tomate Entressafra | gotejamento | 0.95 | 0.9 |
| Pimentão | gotejamento | 0.95 | 0.9 |
| Pimentão Entressafra | gotejamento | 0.95 | 0.9 |
| Feijão | sulco | 0.50 | 0.9 |
| Feijão Entressafra | sulco | 0.50 | 0.9 |
| Repolho | gotejamento | 0.95 | 0.9 |
| Repolho Entressafra | gotejamento | 0.95 | 0.9 |
| Alface Entressafra | sulco | 0.95 | 0.9 |
| Alface Entressafra | sulco | 0.95 | 0.9 |
| Cebola | gotejamento | 0.95 | 0.9 |
| Cebola Entressafra | gotejamento | 0.95 | 0.9 |
| Banana | microaspersão | 0.75 | 0.9 |
| Goiaba | microaspersão | 0.75 | 0.9 |
| Mamão | microaspersão | 0.75 | 0.9 |
| Limão | microaspersão | 0.75 | 0.9 |

6. Metodologia aplicada ao estudo dos cenários

6.1 Introdução

O modelo de otimização usado no estudo foi desenvolvido por Santos (2007), no qual foi utilizado uma série inter-anual de 10 anos hidroclimáticos. O modelo opera a nível mensal, com as seguintes funções objetivo:

1. Maximização da receita líquida (RL) anual obtida de agricultura irrigada (objetivo econômico);
2. Maximização da mão-de-obra (MO) com a irrigação (objetivo social);
3. Minimização da adubação química (objetivo ambiental e social – saúde humana);
4. Minimização da aplicação de defensivos químicos (objetivo ambiental e social – saúde humana);

A série de anos escolhida para a otimização multiobjetivo deve-se ao fato da compatibilização dos dados de afluências, precipitações, vazões, evaporação, etc, foram escolhidos 10 anos dados hidroclimáticos compreendendo os anos de 1981 a 1990. O abastecimento humano foi prioritário com uma demanda de 1 m³/s, sendo exigida a sustentabilidade hídrica do reservatório.

Com os resultados gerados por cada cenário, temos como finalidade:

- Conhecer e quantificar a disponibilidade hídrica do sistema;
- Verificar as relações de vazões de irrigação e volumes do reservatório;
- Verificar o comportamento das culturas com manejo convencional;
- Verificar o comportamento das culturas com manejo orgânico;
- Avaliar o impacto social por meio da mão-de-obra alocada.
- Avaliar o impacto ambiental pelo uso de adubação e defensivos químicos;

6.2 Descrição dos Cenários

Como o foco deste trabalho é fazer um estudo comparativo entre a agricultura de manejo convencional com a agricultura de manejo orgânico, refletindo as áreas irrigadas de Boqueirão, foram divididos os cenários em 3 situações:

1. Agricultura com manejo convencional;
2. Agricultura com manejo orgânico;
3. Agricultura com manejo convencional e orgânico simultaneamente (mix de culturas).

Para cada situação, temos cenários específicos, onde as funções multiobjetivos são usadas.

6.2.1 Situação 1 – Manejo convencional

Na situação 1, são utilizadas em todas as áreas irrigadas de Boqueirão (1.020 ha), um proposta de manejo convencional, utilizando as culturas existentes (foram verificadas em visita de campo). Observamos na Tabela 34 os cenários.

Tabela 34 - Cenários de agricultura convencional

| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
|------------------|--------------------------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ECONOMICO | Receita Líquida | MAX | 0 | 0 | 50 | 50 | 0 | 33 |
| SOCIAL | Mão-de-Obra | 0 | MAX | 0 | 50 | 0 | 50 | 33 |
| AMBIENTAL | Defensivos e Adubação NPK | 0 | 0 | MIN | 0 | 50 | 50 | 33 |

C1, C2, C3, C7, C5, C6, C7 – Cenários; MAX – Maximizar; MIN - Minimizar

Os cenários são descritos da seguinte forma:

O cenário C1 efetua a maximização da receita líquida;

O cenário C2 efetua a maximização da mão-de-obra;

O cenário C3 efetua a minimização dos defensivos e da adubação química (aqui chamado adubação NPK – Nitrogênio-Fósforo-Potássio);

O cenário C4 atribui pesos iguais para a maximização de receita líquida e maximização da mão-de-obra;

O cenário C5 atribui pesos iguais para a maximização de receita líquida e minimização dos defensivos e da adubação química;

O cenário C6 atribui pesos iguais para a maximização da mão-de-obra e minimização dos defensivos e da adubação química;

O cenário C7 atribui pesos iguais para a maximização da receita líquida, a maximização da mão-de-obra e minimização dos defensivos e da adubação química.

6.2.2 Situação 2 – Manejo orgânico

Na situação 2, são utilizadas em todas as áreas irrigadas de Boqueirão (1.020 ha), uma proposta de manejo orgânico, utilizando as culturas existentes (verificadas em visita de campo). Observamos na Tabela 35 os cenários.

Tabela 35 - Cenários de agricultura orgânica

| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|------------------|------------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| ECONOMICO | Receita Líquida | MAX | 0 | MAX | 75 | 25 |
| SOCIAL | Mão-de-Obra | 0 | MAX | MAX | 25 | 75 |

C1, C2, C3, C7, C5 – Cenários; MAX – Maximizar.

Os cenários são descritos da seguinte forma:

O cenário C1 maximiza a receita líquida;

O cenário C2 maximiza a mão-de-obra;

O cenário C3 atribui pesos iguais na receita líquida e na mão-de-obra;

O cenário C4 atribui um peso bem maior na receita líquida;

O cenário C5 atribui um peso bem maior na mão-de-obra.

Na agricultura orgânica, segundo Santos e Santos (2008), há, geralmente, um decréscimo de 30% na produtividade. Esse decréscimo tende a zero com o tempo. Visto isso, utilizamos um redutor de 30% na produtividade da agricultura orgânica em relação a agricultura convencional.

Em relação a mão-de-obra, há muita controvérsia em relação ao seu acréscimo quando comparado com a agricultura convencional. Segundo Altieri (1989) na propriedade orgânica necessita-se 11% a mais de mão-de-obra. De acordo com Olheaf (1978), Lockeretz et al. (1975); Nguyen e Haynes (1995), em seus estudos, preconizam um incremento de mão-de-obra de até 50%, em

alguns casos. Em visitas realizadas, foi observado que há um incremento de mão-de-obra, no que se diz respeito aos tratos culturais, pois, na agricultura orgânica não há a aplicação de herbicidas, sendo exigido um número maior de “roçadas” como método de defesa, que inclui até armadilhas, e um número maior de aplicação de defensivos naturais.

No nosso estudo, vamos analisar apenas **duas hipóteses** no incremento da mão-de-obra em agricultura orgânica:

Hipótese 1 - O incremento de 0% de mão-de-obra (igual a convencional) para os cenários C1, C2, C3, C4 e C5.

Hipótese 2 - O incremento de 20% de mão-de-obra em relação ao manejo convencional para os cenários C1, C2, C3, C4 e C5 (o valor de 20% foi determinado como uma média de valores obtidos via revisão bibliográfica e entrevistas com os agricultores).

6.2.3 Situação 3 – Manejo convencional e orgânico simultâneos

Na situação 3, são utilizadas em todas as áreas irrigadas de Boqueirão (1.020 ha), uma proposta integrada de manejo convencional e orgânico, isto é, os cenários determinam quais as melhores culturas/tipo de manejo utilizados nas áreas irrigadas (um “mix” de culturas). Observamos na Tabela 36 os cenários.

Tabela 36 – Cenários do mix de culturas convencionais e orgânicas

| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
|------------------|------------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ECONOMICO | Receita Líquida | MAX | 0 | 0 | 50 | 50 | 0 | 33 |
| SOCIAL | Mão-de-Obra | 0 | MAX | 0 | 50 | 0 | 50 | 33 |
| AMBIENTAL | Defensivos e | | | | | | | |
| | Adubação NPK | 0 | 0 | MIN | 0 | 50 | 50 | 33 |

C1, C2, C3, C7, C5, C6, C7 – Cenários; MAX – Maximizar; MIN - Minimizar

Os cenários são descritos da seguinte forma:

O cenário C1 efetua a maximização da receita líquida;

O cenário C2 efetua a maximização da mão-de-obra;

O cenário C3 efetua a minimização dos defensivos e da adubação química (aqui chamado adubação NPK – Nitrogênio-Fósforo-Potássio);

O cenário C4 atribui pesos iguais para a maximização de receita líquida e Maximização da mão-de-obra;

O cenário C5 atribui pesos iguais para a maximização de receita líquida e minimização dos defensivos e da adubação química;

O cenário C6 atribui pesos iguais para a maximização da mão-de-obra e minimização dos defensivos e da adubação química;

O cenário C7 atribui pesos iguais para a maximização da receita líquida, a maximização da mão-de-obra e minimização dos defensivos e da adubação química.

No nosso estudo, vamos analisar apenas **duas hipóteses** no incremento da mão-de-obra em agricultura orgânica:

Hipótese 1 - O incremento de 0% de mão-de-obra (igual a convencional) para os cenários C1, C2, C3, C4 e C5.

Hipótese 2 - O incremento de 20% de mão-de-obra em relação ao manejo convencional para os cenários C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7 (o valor de 20% foi determinado como uma média da revisão bibliográfica e de entrevistas com os agricultores).

A metodologia utilizada neste trabalho segue uma seqüência de passos, os quais estão descritos na Figura 9.

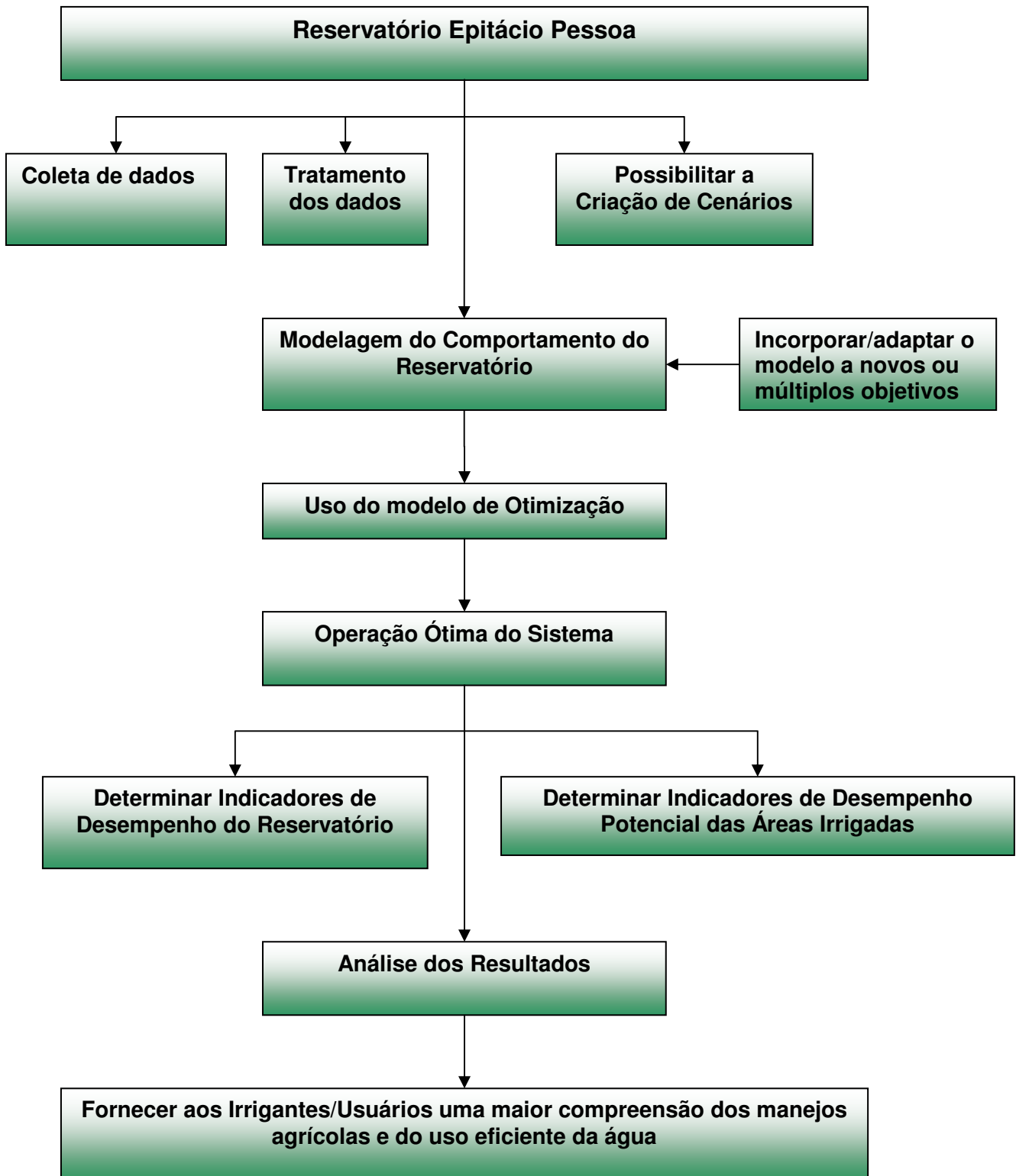


Figura 9 - Fluxograma de metodologia aplicada ao estudo dos cenários

7. Resultados e Análises

Os resultados e discussões da aplicação do modelo estão apresentados para todas as 3 situações (e hipóteses) neste capítulo, seguindo uma sequência de: análise do comportamento do reservatório e agricultura irrigada.

7.1 Resultados e análises da situação 1 - manejo convencional

7.1.1 O comportamento do reservatório

Em todos os cenários (C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7), a demanda para abastecimento humano de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ foi atendida sem falhas, como mostra no Gráfico 2.

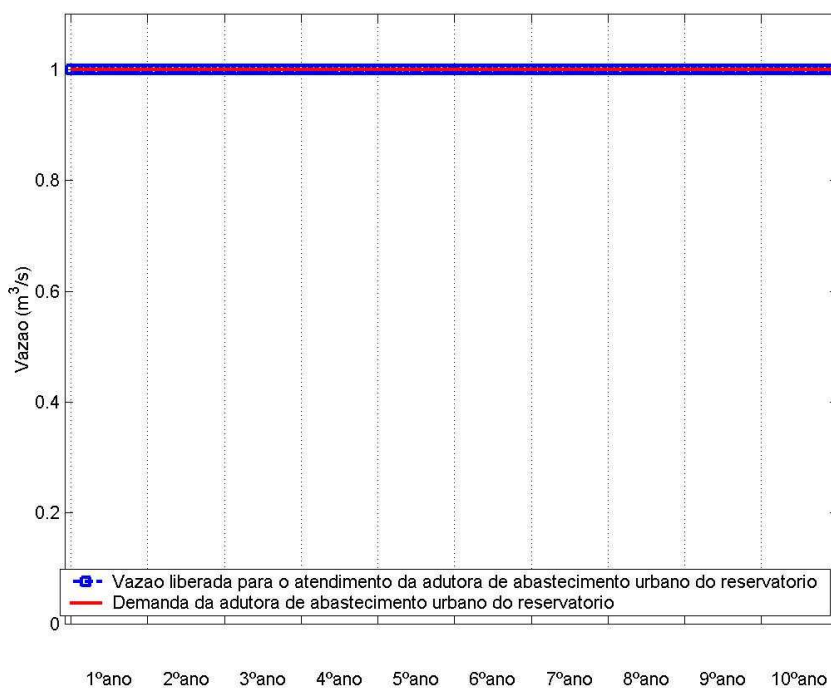


Gráfico 2 - Demanda e vazão liberada para abastecimento humano para os cenários do manejo convencional.

Os resultados dos indicadores de sustentabilidade foram os seguintes:

- Confiabilidade = 100%, que indica que o sistema funcionou os 10 anos da série fornecida sem falhas de abastecimento;

- Resiliência = 100%, significa que o sistema mede a forma como o sistema retorna de uma falha caso esta tenha ocorrido, como não houve falhas, assume o valor máximo.

- Vulnerabilidade = 0%, indica a magnitude das falhas se esta tenha ocorrido.

- Sustentabilidade = 100% (que é resultado da equação $Sustentabilidade = Confiabilidade * Resiliência * [1 - Vulnerabilidade]$).

O comportamento do reservatório, ao longo dos meses, no período de 10 anos, após as retiradas de água para os diversos usos (abastecimento humano e irrigação) gerados pelo modelo para os cenários (C1,..., C7) foram bastante semelhantes, onde a variação do volume foi muito pequena (um volume médio de aproximadamente $370 \text{ hm}^3/\text{mês}$), conforme Gráfico 3.

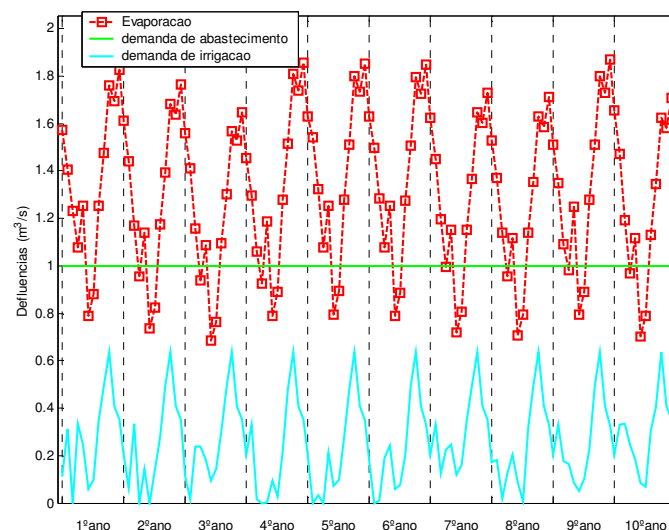
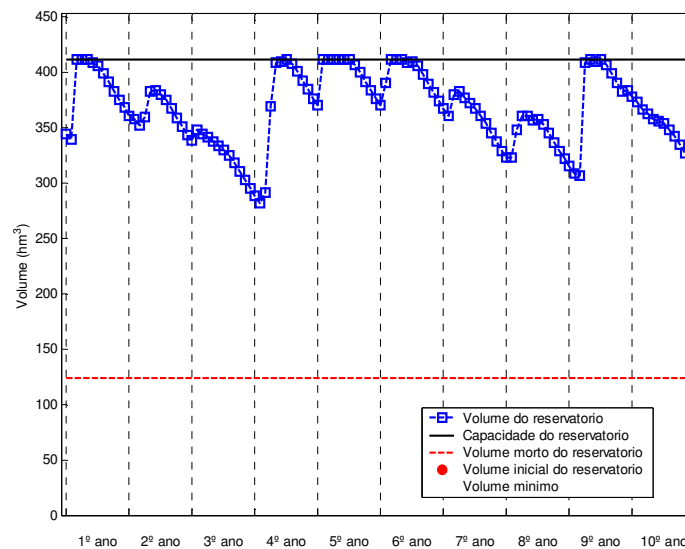


Gráfico 3 (a e b) - Comportamento hídrico do reservatório Epitácio Pessoa.

De acordo com o Gráfico 3, a sustentabilidade hídrica foi atendida, pois o volume final ficou bem próximo ao volume inicial estabelecido. É possível observar que os menores valores ocorrem sempre no segundo semestre do ano, onde as afluências são bem menores. As maiores afluências ocorreram entre os meses de janeiro e abril. Não houve situações em que o volume da água no reservatório tenha ficado com valores baixos. Os picos de vazões defluentes ocorrem geralmente nos meses onde os volumes apresentam os menores valores. O volume vertido teve uma média alta (12 hm³/mês), com picos no 1º ano, no 5º ano, no 6º e 9º ano, sendo a série estudada considerada uma série com altos valores de afluências (Gráfico 4).

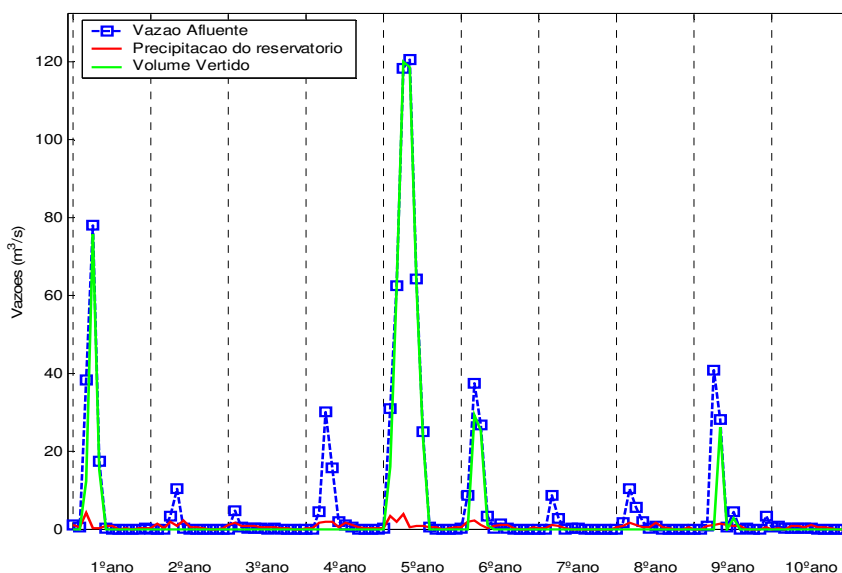


Gráfico 4 - Volume vertido, precipitação e vazão afluente no reservatório.

De uma maneira geral, verificou-se neste estudo, através das análises realizadas, que na situação 1 (manejo com agricultura convencional – cenários C1 até C7) foram atendidas satisfatoriamente as demandas para abastecimento humano e irrigação.

7.1.2 O Cenário C1 – agricultura convencional

Este cenário tem como objetivo maximizar a receita líquida da agricultura de manejo convencional.

7.1.2.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C1

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

η_{Vr} – denota a perda ou ganho de volume no reservatório;

η_E – estabelece a eficiência quanto ao armazenamento da água;

η_P – indica o percentual de precipitação direta sobre a bacia do reservatório;

η_V – estabelece também a eficiência quanto ao armazenamento da água e capacidade do reservatório (de toda água que chegou, o quanto foi perdido por vertimento);

η_e - estabelece a eficiência quanto ao uso da água (de toda água que chegou, o quanto foi perdido por descarga de fundo para perenizar o rio). No nosso caso, atualmente não existe a descarga de fundo;

η_d – Ele indica o quanto de água foi utilizada para atender as demandas;

IAP – Índice de Ativação da Potencialidade, definido como a razão entre a disponibilidade e a potencialidade (de toda água da bacia, quanto posso utilizar, pois o resto foi perdido por evaporação e vertimento);

IUD - Índice de Utilização da Disponibilidade, razão entre a demanda e a disponibilidade (percentagem da água que está sendo utilizada);

IUP – Índice de Utilização da Potencialidade, razão entre a demanda e a potencialidade (quanto da água foi disponível para as demandas);

Tabela 37 - Índices de eficiência associados ao reservatório para no cenário C1

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 37, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos

operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas consuntivas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia apenas 17% foi usada para atender as demandas consuntivas (abastecimento humano e irrigação).

7.1.2.2 A agricultura irrigada no cenário C1

O Gráfico 5 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas no cenário 1. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

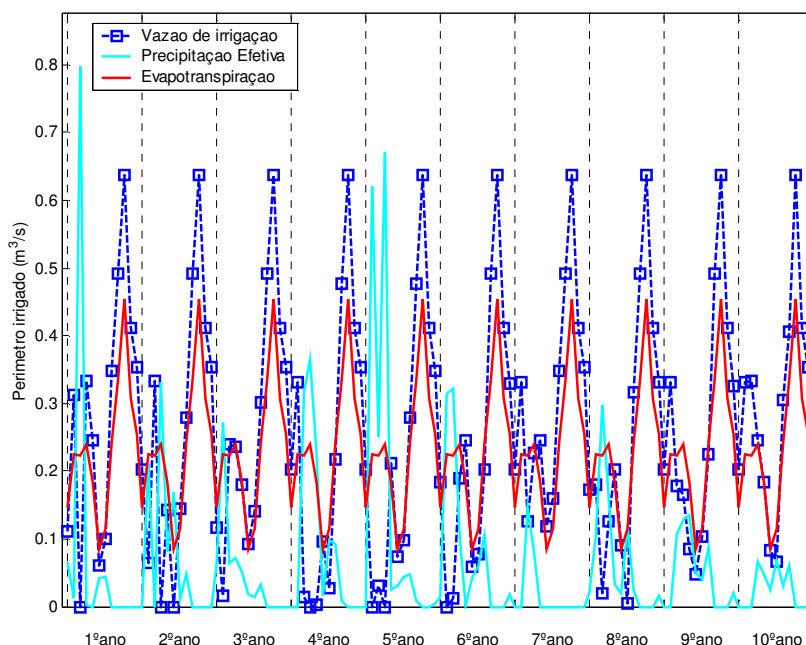


Gráfico 5 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C1.

No Gráfico 6 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização. Em relação área alocada no cenário 1 (que maximiza a receita líquida), houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano, distribuídos anualmente com 517 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 517 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 503 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

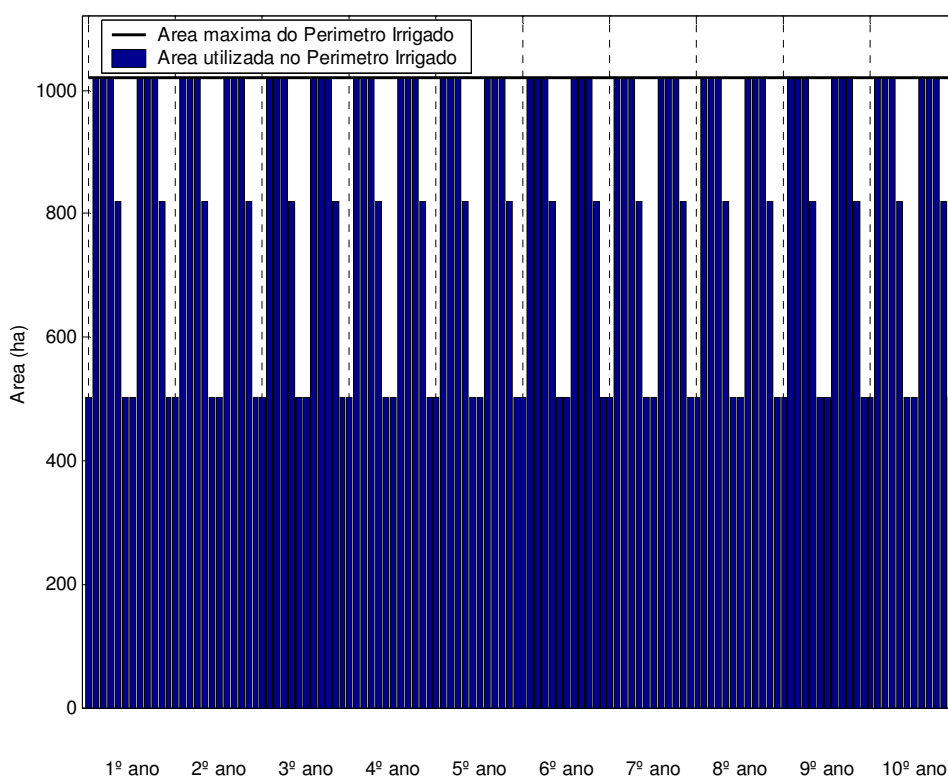


Gráfico 6 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C1.

A Tabela 38 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens/dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 38 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C1 (insumos/ano).

| Culturas | Area Plant (ha) | Rec.Liq (R\$) | Mao-de-Obra (H/D) | Defensivos (kg) | Adubacao (T) | Adub+Def (T) | Qirrg (hm3) |
|------------------------|-----------------|----------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| cebola | 29,46 | 45.391,68 | 6.216 | 353,51 | 20,62 | 20,97 | 0,0087 |
| cebola entr | 30,00 | 90.112,66 | 6.330 | 359,98 | 21,00 | 21,36 | 0,0306 |
| feijao | 114,85 | 156.045,41 | 8.729 | 574,27 | 53,52 | 54,10 | 0,3069 |
| goiaba | 50,00 | 204.518,23 | 5.500 | 671,00 | 46,70 | 47,37 | 0,4009 |
| feijao entr | 114,32 | 239.885,61 | 8.688 | 571,60 | 53,27 | 53,84 | 0,6772 |
| alface | 32,70 | 316.144,68 | 5.101 | 228,90 | 30,54 | 30,77 | 0,016 |
| mamao | 50,00 | 337.555,52 | 9.600 | 849,99 | 46,70 | 47,55 | 0,4841 |
| alface entr | 32,70 | 415.075,12 | 5.101 | 228,90 | 30,54 | 30,77 | 0,0494 |
| tomate | 138,95 | 456.376,61 | 50.995 | 3.751,64 | 194,53 | 198,28 | 0,2302 |
| repolho | 52,50 | 655.711,70 | 7.455 | 210,00 | 61,27 | 61,48 | 0,027 |
| repolho entr | 52,50 | 837.052,30 | 7.455 | 210,00 | 61,27 | 61,48 | 0,0742 |
| tomate entr | 138,95 | 856.615,77 | 50.995 | 3.751,65 | 194,53 | 198,28 | 0,5557 |
| pimentao | 149,00 | 2.859.658,28 | 28.608 | 5.215,00 | 208,60 | 213,81 | 0,1333 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.621.400,35 | 28.608 | 5.215,00 | 208,60 | 213,82 | 0,3892 |
| limao | 50,00 | 4.355.985,17 | 5.650 | 408,50 | 46,70 | 47,11 | 0,404 |
| banana | 352,50 | 4.996.360,33 | 75.082 | 2.467,50 | 246,75 | 249,22 | 4,3652 |
| TOTAL | 1.537,43 | 20.443.889,42 | 310.113 | 25.067,43 | 1.525,14 | 1.550,21 | 8,1525 |
| Sazonais Safra = | 517,46 | | | | | | |
| Sazonais Entressafra = | 517,47 | | | | | | |
| Frutas = | 502,50 | | | | | | |
| Total Area Cultivada = | 1.020,00 | | | | | | |

Como podemos observar na Tabela 38 , a maximização da receita líquida levou a maximizar o plantio das culturas de maior rentabilidade: banana, limão, pimentão (safra e entressafra), o tomate entressafra e o repolho (safra e entressafra). A receita líquida foi de R\$ 20.443.889, com uma mão-de-obra alocada de 310.113 homens/dia e um total de agroquímicos (adubação químicas + defensivos químicos) de 1.550 toneladas.

As culturas da banana, limão, pimentão (safra e entressafra), tomate entressafra e repolho (safra e entressafra) foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 7, temos a distribuição das culturas por área plantada.

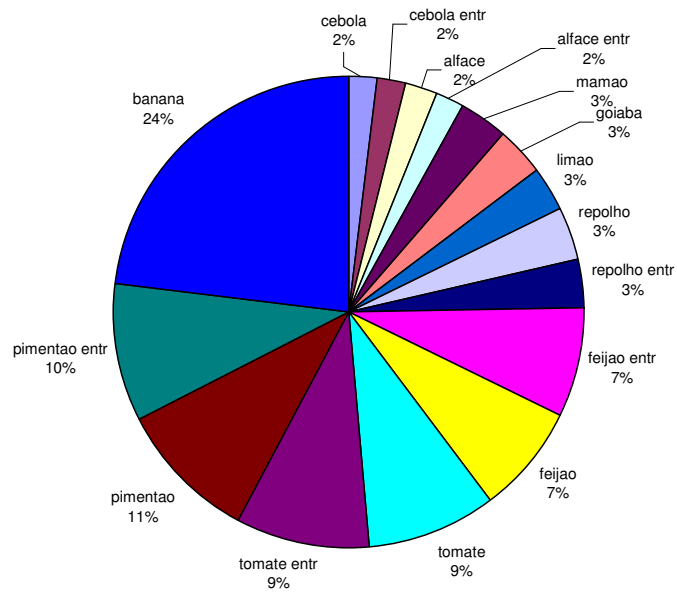


Gráfico 7 - Culturas alocadas por área plantada (ha)

No Gráfico 8, temos a relação das culturas que geraram as maiores receitas líquidas anuais.

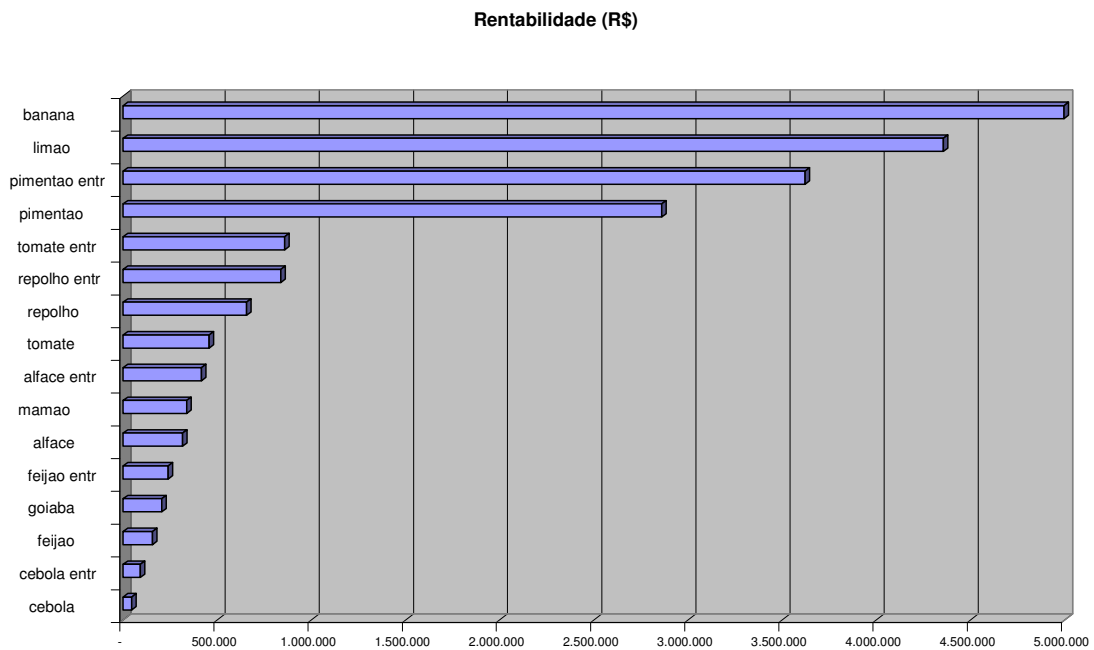


Gráfico 8 - Culturas com maior rentabilidade

7.1.2.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C1

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 39) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI, que foram detalhados no capítulo 4 – Metodologia.

Tabela 39 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C1 (10 anos)

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|------------|------------|------------|-------------|------------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,322185617 | 0,7982 |

O FRA relaciona o fornecimento total de água, nas formas de precipitação pluviométrica e irrigação, com o requerimento total de água das culturas. Ele indicou que, em média, a quantidade de água total entregue nas parcelas foi 33% superior ao requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,32 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% a mais do requerimento hídrico suplementar da cultura para atender sua necessidade líquida de água. O RGC foi de 71%, que indica o nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.1.3 O Cenário C2 – agricultura convencional

Este cenário tem como objetivo maximizar a mão-de-obra na agricultura de manejo convencional.

7.1.3.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C2

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 40 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C2.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7197 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 40, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.1.3.2 A agricultura irrigada no cenário C2

O Gráfico 9 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário 2. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

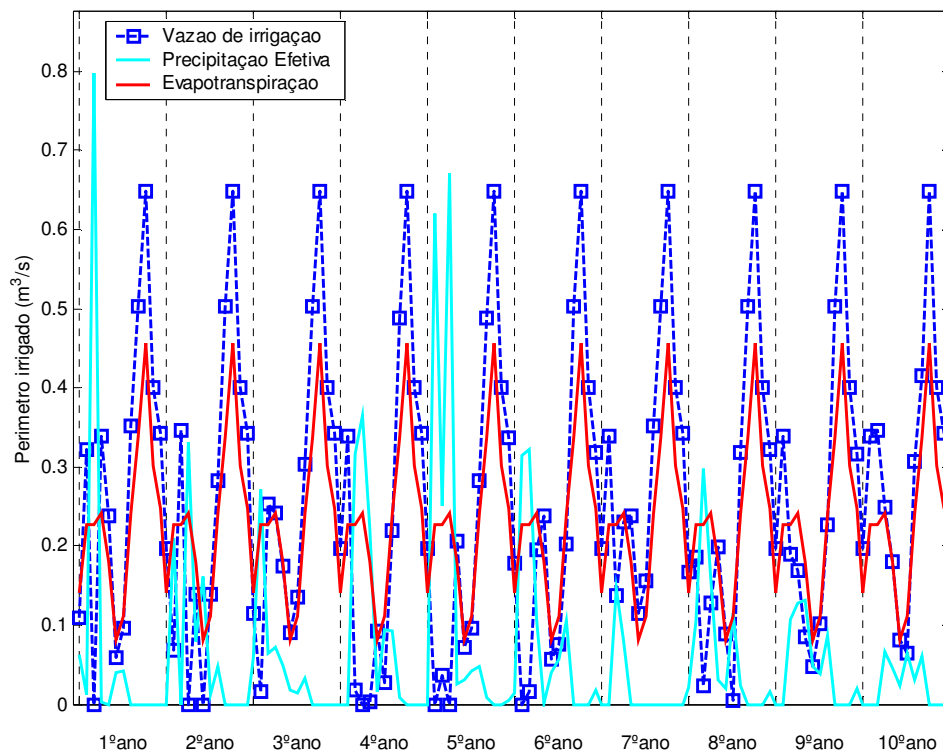


Gráfico 9 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C2.

No Gráfico 10 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização. Houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano, distribuídos anualmente com 539 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 539 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 481 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

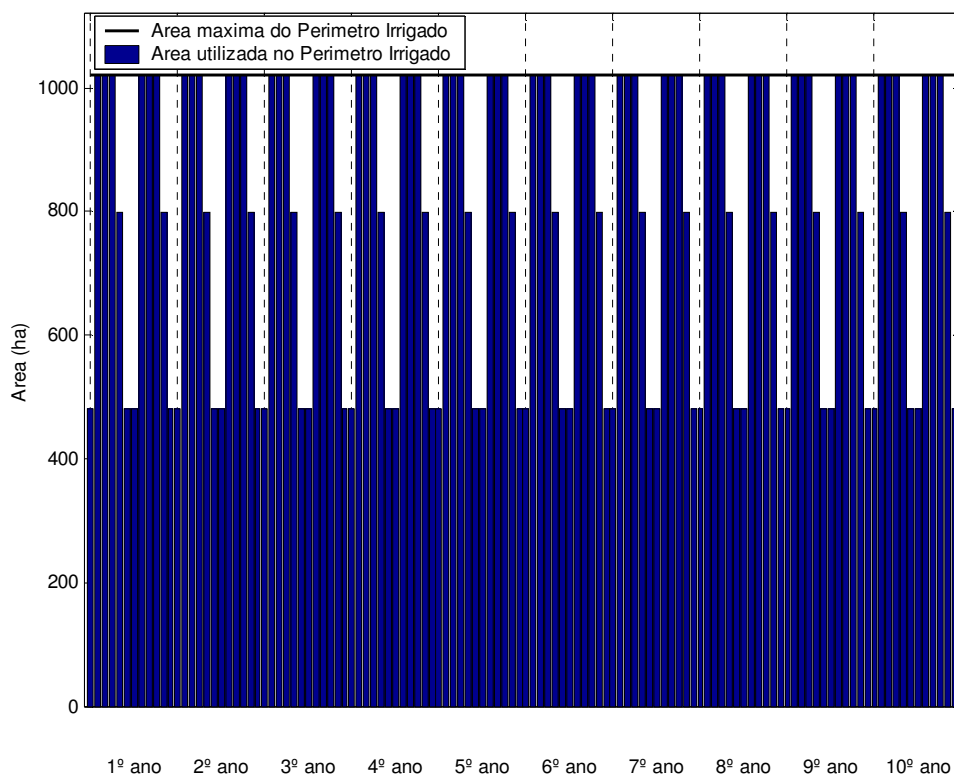


Gráfico 10 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C2.

A mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 41 - Dados das culturas nas áreas irrigadas para o cenário C2 (insumos/ano).

| Culturas | Area Plant(ha) | Rec.Liq (R\$) | Mao-de-Obra(H/D) | Defensivos (kg) | Adubacao (T) | Adub+ Def(T) | QirrCultura (hm3) |
|------------------------|-----------------|----------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| goiaba | 28,48 | 116.473,17 | 3.132 | 382,13 | 26,60 | 26,98 | 0,2283 |
| alface | 32,70 | 316.145,47 | 5.101 | 228,90 | 30,54 | 30,77 | 0,016 |
| alface entr | 32,70 | 415.075,69 | 5.101 | 228,90 | 30,54 | 30,77 | 0,0494 |
| limao | 50,00 | 4.355.985,40 | 5.650 | 408,50 | 46,70 | 47,11 | 0,404 |
| cebola | 30,00 | 46.225,45 | 6.330 | 360,00 | 21,00 | 21,36 | 0,0089 |
| cebola entr | 30,00 | 90.118,26 | 6.330 | 360,00 | 21,00 | 21,36 | 0,0306 |
| repolho | 52,50 | 655.712,48 | 7.455 | 210,00 | 61,27 | 61,48 | 0,027 |
| repolho entr | 52,50 | 837.053,04 | 7.455 | 210,00 | 61,27 | 61,48 | 0,0742 |
| mamao | 50,00 | 337.557,53 | 9.600 | 850,00 | 46,70 | 47,55 | 0,4841 |
| feijao | 135,88 | 184.604,87 | 10.327 | 679,38 | 63,32 | 64,00 | 0,3631 |
| feijao entr | 135,88 | 285.117,62 | 10.327 | 679,38 | 63,32 | 64,00 | 0,8049 |
| pimentao | 149,00 | 2.859.659,18 | 28.608 | 5.215,00 | 208,60 | 213,82 | 0,1333 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.621.401,11 | 28.608 | 5.215,00 | 208,60 | 213,82 | 0,3892 |
| tomate | 138,95 | 456.377,53 | 50.995 | 3.751,65 | 194,53 | 198,28 | 0,2302 |
| tomate entr | 138,95 | 856.616,37 | 50.995 | 3.751,65 | 194,53 | 198,28 | 0,5557 |
| banana | 352,50 | 4.996.361,64 | 75.083 | 2.467,50 | 246,75 | 249,22 | 4,3652 |
| TOTAL | 1.559,03 | 20.430.484,81 | 311.095 | 24.997,98 | 1.525,26 | 1.550,26 | 8,164 |
| Sazonais Safra = | 539,03 | | | | | | |
| Sazonais Entressafra = | 539,03 | | | | | | |
| Frutas = | 480,98 | | | | | | |
| Total Area Cultivada = | 1020,00 | | | | | | |

Como podemos observar na Tabela 41, a maximização da mão-de-obra levou a ampliação das áreas de plantio das culturas que requerem maior emprego de mão-de-obra: banana com 75.083 homens/dia, o tomate (safra e entressafra) com 50.995 homens/dia, e o pimentão (safra e entressafra) com 28.608 homens/dia. A receita líquida foi de R\$ 20.430.484,81 (aproximadamente R\$ 13.400 a menos do total do cenário C1 que maximiza a receita líquida), mas com a mão-de-obra total de 311.095 homens/dia (aproximadamente 983 diárias a mais que o cenário C1) e 1.550 toneladas de agroquímicos (aproximadamente igual ao cenário C1).

As culturas da banana, tomate (safra e entressafra), pimentão (safra e entressafra), feijão (safra e entressafra) e mamão foram as que geraram maior quantidade de mão-de-obra.

No Gráfico 11, temos a distribuição de culturas por área plantada.

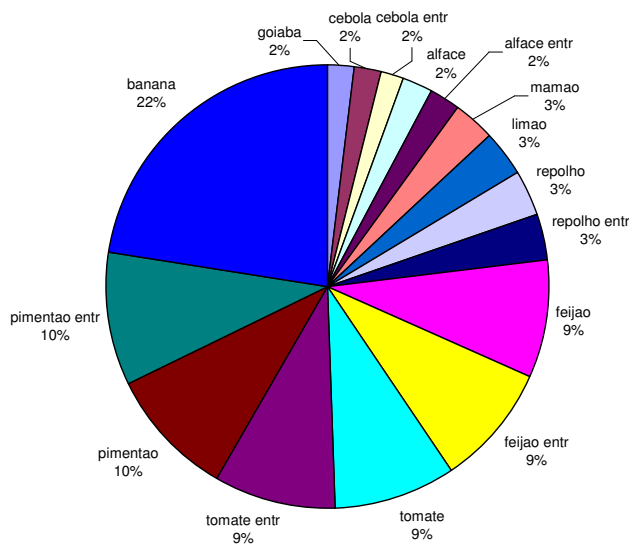


Gráfico 11 - Culturas alocadas por área plantada (ha).

No Gráfico 12, temos o requerimento de mão-de-obra em homens/dia.

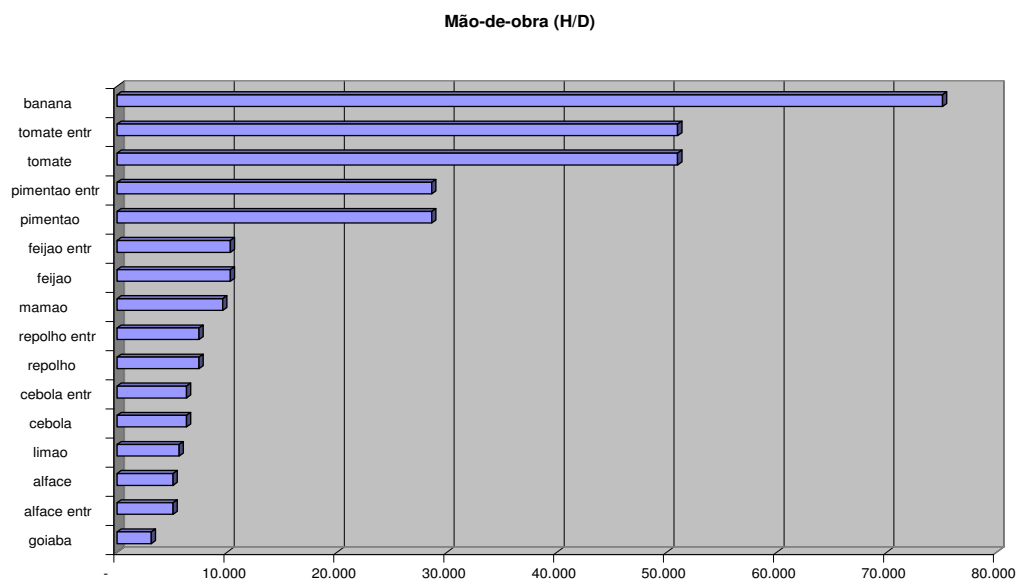


Gráfico 12 - Culturas com maior mão-de-obra.

7.1.3.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C2

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 42) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 42 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C2 (10 anos).

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|-------------|--------|
| 1,3397 | 1,4308 | 0,6989 | 0,326908391 | 0,7877 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água total entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,33 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais água que a requerimento suplementar hídrico da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 79%.

7.1.4 O Cenário C3 – agricultura convencional

Este cenário tem como objetivo minimizar o uso de adubação e defensivos químicos na agricultura de manejo convencional.

7.1.4.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C3

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 43 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C3.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0077 | 0,1787 | 0,0789 | 0,6831 | 0 | 0,1458 | 0,2171 | 0,6718 | 0,1458 |

Como podemos observar na Tabela 43, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-0,8%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,9%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 68% da água vertida. Por motivos

operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 15% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 22% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 67% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 15% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.1.4.2 A agricultura irrigada no cenário C3

O Gráfico 13 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C3. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

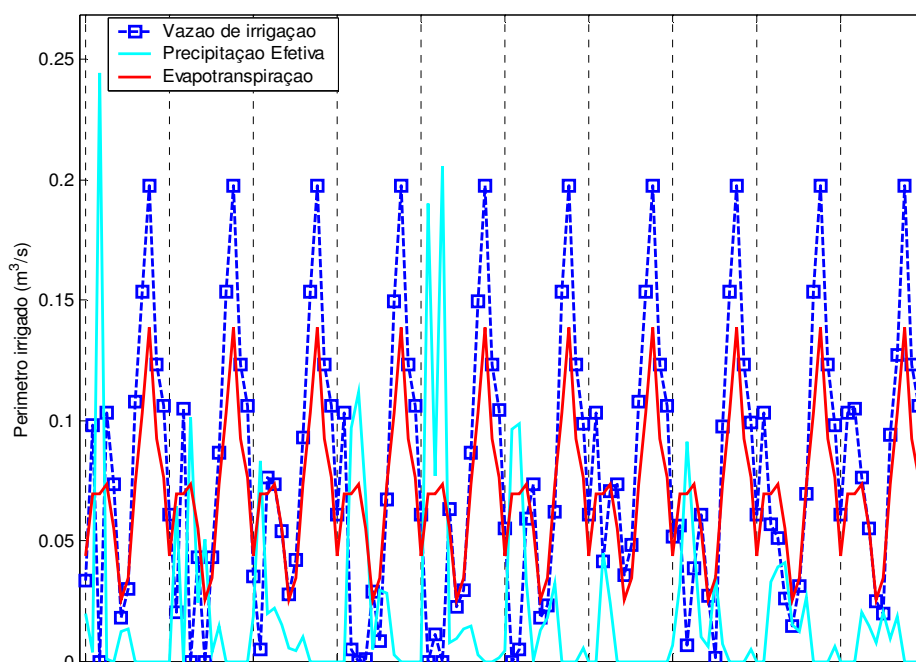


Gráfico 13 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C3.

No Gráfico 14 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização. Houve uma redução da área cultivada total para 313 ha por ano, distribuídos anualmente com 162 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 162 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 151 ha para as culturas perenes (frutas). Este fato ocorreu para atender a função multiobjetivo de minimizar o uso de agroquímicos, gerando valores bem próximos as áreas mínimas (30% da área máxima) determinada para as culturas.

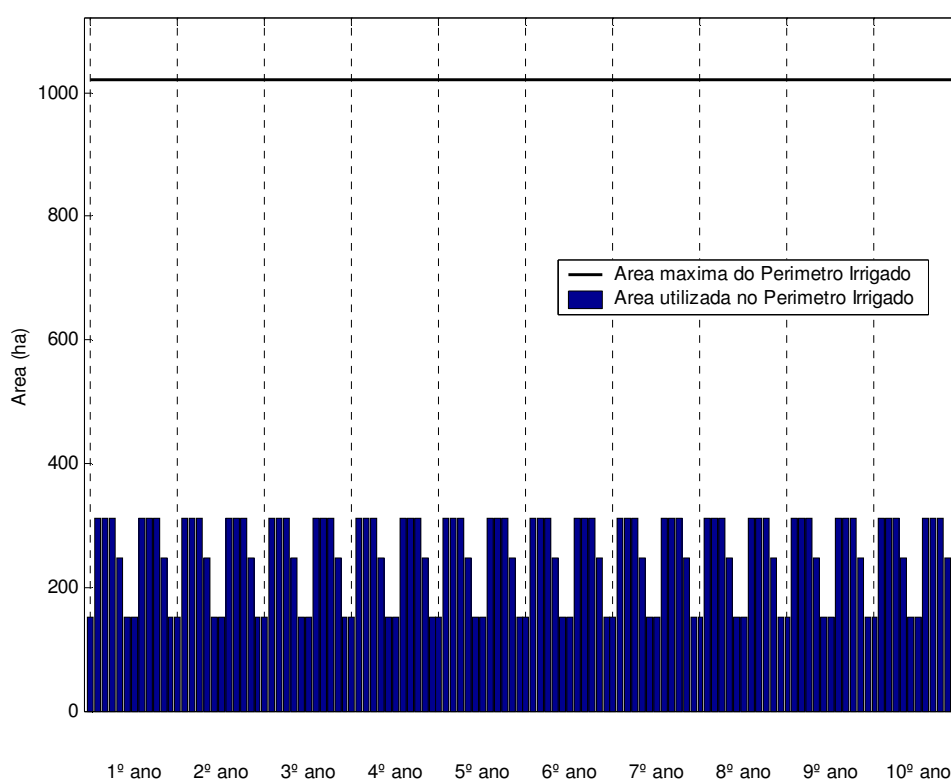


Gráfico 14 - Área plantada das áreas irrigadas para o Cenário C3.

A Tabela 44 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 44 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C3 (insumos/ano).

| Culturas | Area Plant(ha) | Rec.Liq (R\$) | Mao-de-Obra(H/D) | Defensivos(kg) | Adubacao (T) | Adub+ Def(T) | Qirrig (hm3) |
|------------------------|----------------|---------------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|
| cebola | 9,00 | 13.867,64 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0027 |
| cebola entr | 9,00 | 27.035,49 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0092 |
| alface | 9,81 | 94.843,68 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,0048 |
| alface entr | 9,81 | 124.522,76 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,0148 |
| mamao | 15,00 | 101.267,30 | 2.880 | 255,00 | 14,01 | 14,27 | 0,1452 |
| limao | 15,00 | 1.306.796,91 | 1.695 | 122,55 | 14,01 | 14,13 | 0,1212 |
| goiaba | 15,00 | 61.355,51 | 1.650 | 201,30 | 14,01 | 14,21 | 0,1203 |
| repolho | 15,75 | 196.713,80 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,0081 |
| repolho entr | 15,75 | 251.115,97 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,0223 |
| feijao | 40,76 | 55.381,48 | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | 0,1089 |
| feijao entr | 40,76 | 85.535,34 | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | 0,2415 |
| tomate | 41,69 | 136.913,27 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,069 |
| tomate entr | 41,69 | 256.984,92 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,1667 |
| pimentao | 44,70 | 857.897,80 | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | 0,04 |
| pimentao entr | 44,70 | 1.086.420,38 | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | 0,1168 |
| banana | 105,75 | 1.498.909,35 | 22.525 | 740,25 | 74,03 | 74,77 | 1,3096 |
| TOTAL | 474,17 | 6.155.561,60 | 94.039 | 7.586,06 | 463,61 | 471,20 | 2,501 |
| Sazonais Safra = | 161,71 | | | | | | |
| Sazonais Entressafra = | 161,71 | | | | | | |
| Frutas = | 150,75 | | | | | | |
| Total Area Cultivada = | 312,46 | | | | | | |

Como podemos observar na **Tabela 44**, a minimização do uso de adubação e defensivos químicos levou a minimizar a área total plantada de cada cultura (para garantir uma produção mínima rentável das áreas irrigadas, as áreas mínimas foram estipuladas em 30% das áreas máximas das culturas, com visto na Tabela 32 (Área das culturas – Capítulo 5).

As culturas que consumiram mais agroquímicos foram: a banana, o pimentão (safra e entressafra) e o tomate (safra e entressafra). Os valores dos insumos ficaram cerca de 3 vezes menos que o cenário C1: A receita líquida

ficou com R\$ 6.155.561, o emprego de mão-de-obra ficou em torno de 94.039 e o uso de adubação química foi de 471 toneladas.

As culturas da banana, limão, pimentão (safra e entressafra) e tomate entressafra foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 15, temos a distribuição das culturas por área plantada.

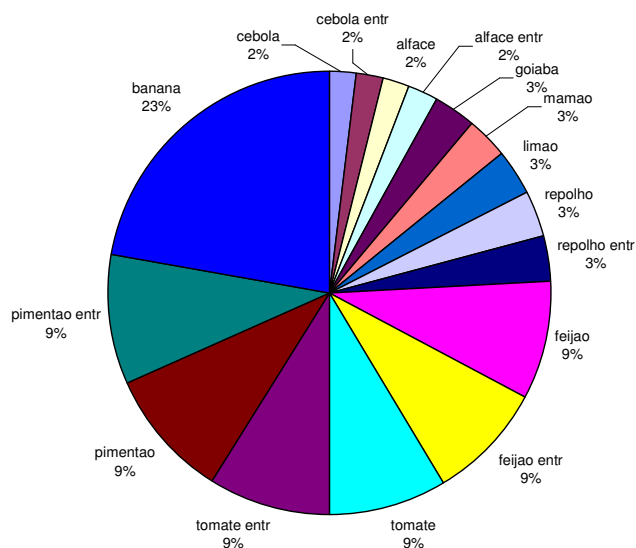


Gráfico 15 - Culturas alocadas por área plantada (ha)

No Gráfico 16, temos as culturas por quantidade de adubos e defensivos químicos - agroquímicos (em toneladas).

Culturas por quantidade de agroquímicos (T)

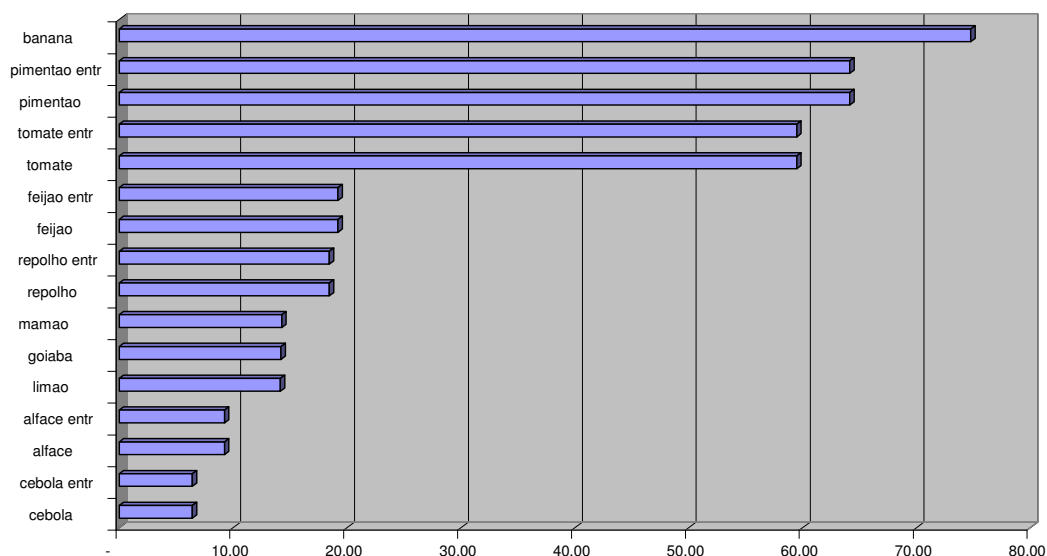


Gráfico 16 - Culturas por quantidade de agroquímicos.

7.1.4.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C3

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 45) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 45 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C3 (10 anos).

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|-------|------|--------|----------|--------|
| 1,339 | 1,43 | 0,6993 | 0,325103 | 0,2426 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,33 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 24%.

7.1.5 O Cenário C4 – agricultura convencional

Este cenário tem como objetivo de maximizar a receita líquida e maximizar a mão-de-obra na agricultura de manejo convencional.

7.1.5.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C4

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 46 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C4.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7197 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 46, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluências foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.1.5.2 A agricultura irrigada no cenário C4

O Gráfico 17 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário 4. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

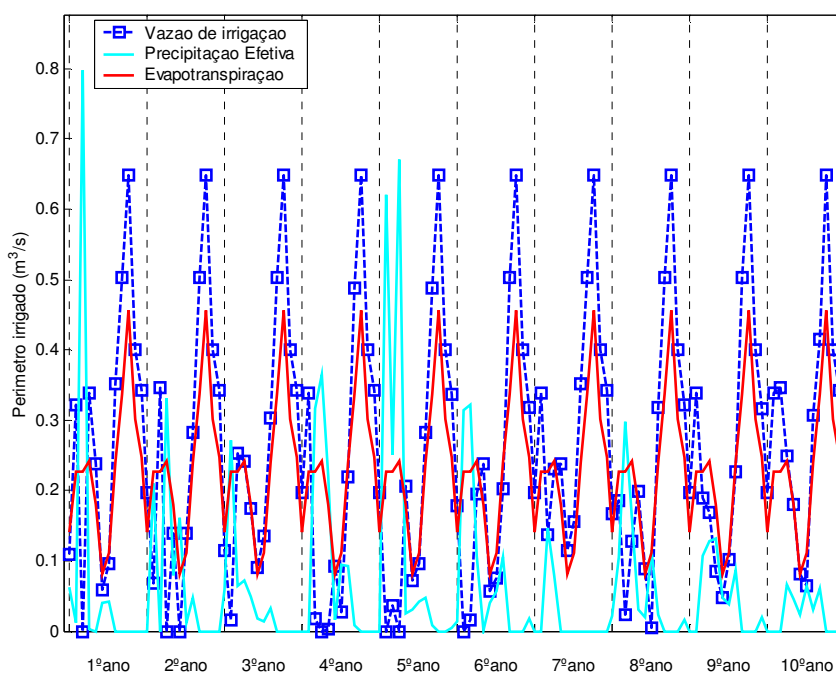


Gráfico 17 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C4.

No Gráfico 18 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização. Houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano, distribuídos anualmente com 539 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 539 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 481 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

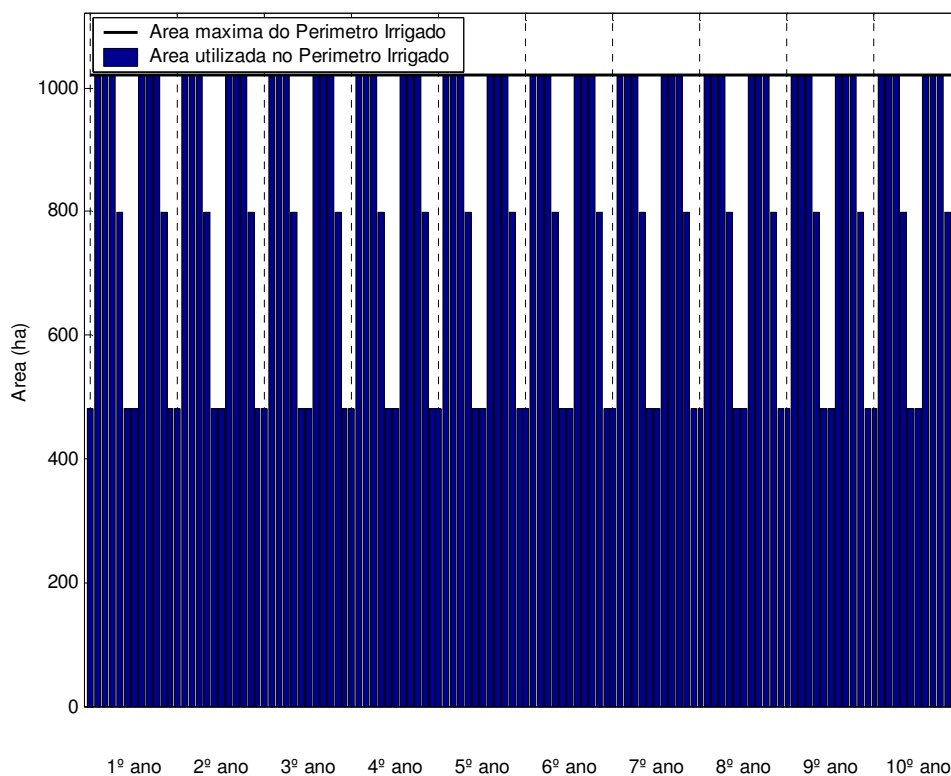


Gráfico 18 - Área plantada das áreas irrigadas para o Cenário C4.

A Tabela 47 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 47 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C4 (insumos/ano).

| Culturas | Area Plant(ha) | Rec.Liq (R\$) | Mao-de-Obra(H/D) | Defensivos (kg) | Adubacao (T) | Adub+ Def(T) | Qirrig (hm3) |
|------------------------|-----------------|----------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| goiaba | 28,48 | 116.473,14 | 3.132 | 382,13 | 26,60 | 26,98 | 0,2283 |
| cebola | 30,00 | 46.225,45 | 6.330 | 360,00 | 21,00 | 21,36 | 0,0089 |
| cebola entr | 30,00 | 90.118,26 | 6.330 | 360,00 | 21,00 | 21,36 | 0,0306 |
| alface | 32,70 | 316.145,47 | 5.101 | 228,90 | 30,54 | 30,77 | 0,0160 |
| alface entr | 32,70 | 415.075,70 | 5.101 | 228,90 | 30,54 | 30,77 | 0,0494 |
| mamao | 50,00 | 337.557,53 | 9.600 | 850,00 | 46,70 | 47,55 | 0,4841 |
| limao | 50,00 | 4.355.985,97 | 5.650 | 408,50 | 46,70 | 47,11 | 0,4040 |
| repolho | 52,50 | 655.712,48 | 7.455 | 210,00 | 61,27 | 61,48 | 0,0270 |
| repolho entr | 52,50 | 837.053,04 | 7.455 | 210,00 | 61,27 | 61,48 | 0,0742 |
| feijao | 135,88 | 184.604,87 | 10.326 | 679,38 | 63,32 | 64,00 | 0,3631 |
| feijao entr | 135,88 | 285.117,62 | 10.326 | 679,38 | 63,32 | 64,00 | 0,8049 |
| tomate | 138,95 | 456.377,53 | 50.995 | 3.751,65 | 194,53 | 198,28 | 0,2302 |
| tomate entr | 138,95 | 856.616,37 | 50.995 | 3.751,65 | 194,53 | 198,28 | 0,5557 |
| pimentao | 149,00 | 2.859.659,18 | 28.608 | 5.215,00 | 208,60 | 213,82 | 0,1333 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.621.401,11 | 28.608 | 5.215,00 | 208,60 | 213,82 | 0,3892 |
| banana | 352,50 | 4.996.361,64 | 75.083 | 2.467,50 | 246,75 | 249,22 | 4,3652 |
| TOTAL | 1.559,03 | 20.430.485,35 | 311.095 | 24.997,98 | 1.525,26 | 1.550,26 | 8,164 |
| Sazonais Safra = | 539,025 | | | | | | |
| Sazonais Entressafra = | 539,025 | | | | | | |
| Frutas = | 480,975 | | | | | | |
| Total Area Cultivada = | 1.020,00 | | | | | | |

Como podemos observar na Tabela 47, a maximização da receita líquida e a maximização da mão-de-obra levou a maximizar o plantio das culturas com uma rentabilidade maior e maior uso da mão-de-obra. A receita líquida foi de R\$ 20.430.485,35 (aproximadamente igual ao cenário C1, que maximiza a receita líquida), com mão-de-obra total de 311.095 homens/dia (igual ao cenário C2, que maximiza mão-de-obra) e 1.550 toneladas de agroquímicos (cerca de 3 vezes mais que o cenário C3, que minimiza agroquímico).

As culturas da banana, limão, pimentão (safra e entressafra), tomate entressafra e repolho (safra e entressafra) foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 19, temos a distribuição das culturas por área plantada.

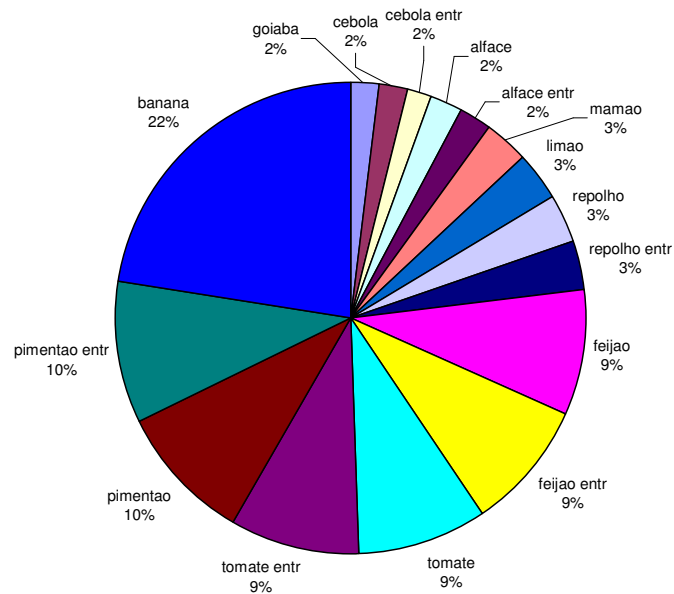


Gráfico 19 - Culturas alocadas por área plantada (ha).

No Gráfico 20, temos as culturas e suas receitas líquidas.

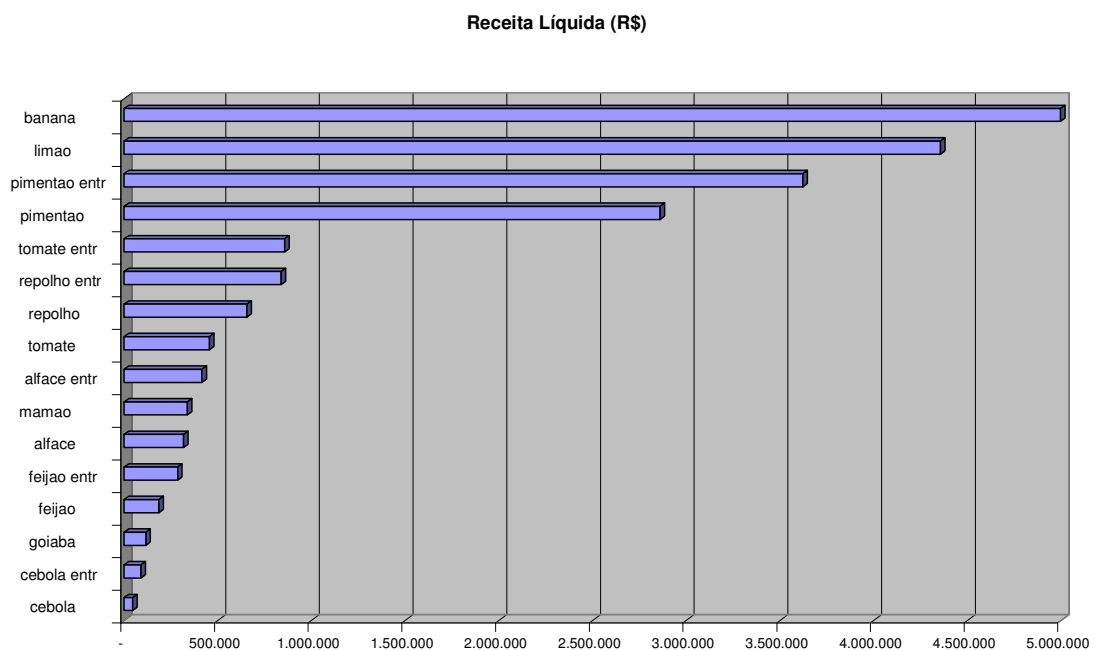


Gráfico 20 - Culturas com maior receita líquida.

7.1.5.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C4

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 48) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RCG, FMA e CUI.

Tabela 48 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C4 (10 anos).

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|-------------|--------|
| 1,3397 | 1,4308 | 0,6989 | 0,326908391 | 0,7877 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,33 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 79%.

7.1.6 O Cenário C5 – agricultura convencional

Este cenário tem como objetivo maximizar a receita líquida e minimizar o uso de adubação e defensivos químicos.

7.1.6.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C5

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 49 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C5.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|------|
| -0,0118 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6646 | 0 | 0,17 | 0,2365 | 0,7188 | 0,17 |

Como podemos observar na Tabela 49, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.1.6.2 A agricultura irrigada no cenário C5

O Gráfico 21 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C5. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

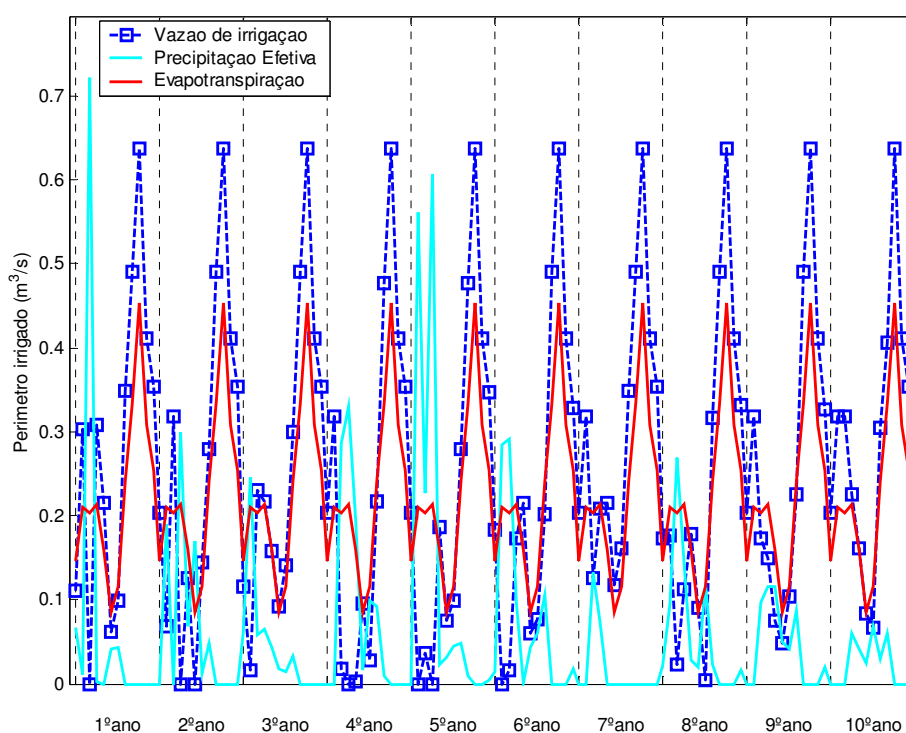


Gráfico 21 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C5.

No Gráfico 22 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização. Houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano, distribuídos anualmente com 421 ha para as culturas sazonais de safra

(tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 517 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 503 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

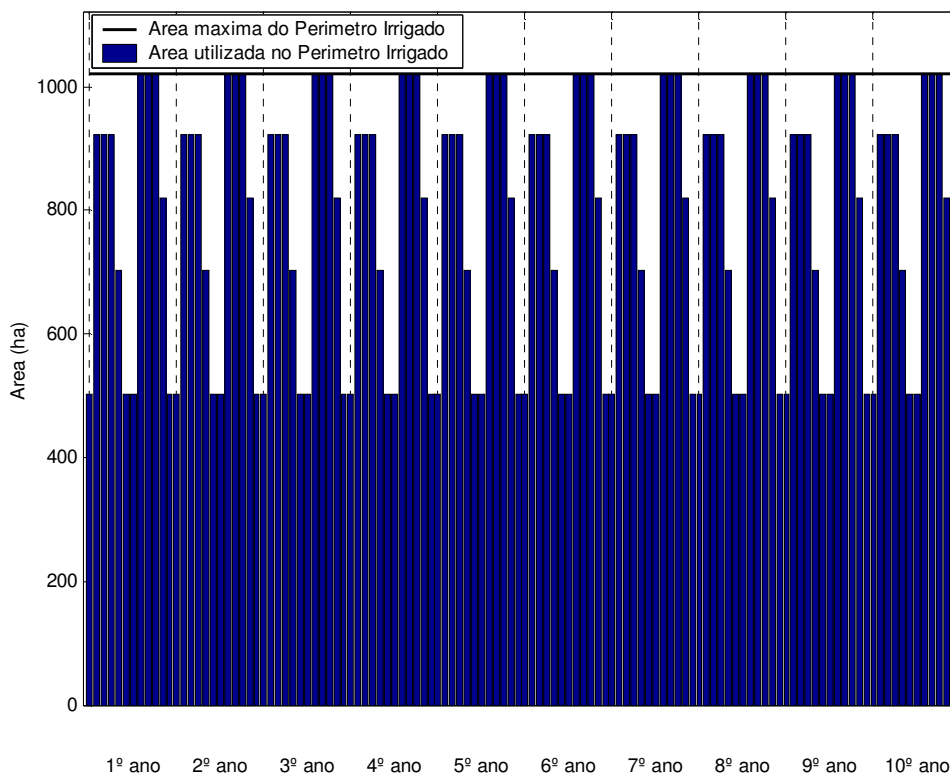


Gráfico 22 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C5.

A Tabela 50 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 50 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C5 (insumos/ano).

| Culturas | Area Plant(ha) | Rec.Liq (R\$) | Mao-de-Obra(H/D) | Defensivos (kg) | Adubacao (T) | Adub+ Def(T) | Qirrig (hm3) |
|------------------------|-----------------|----------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| tomate | 41,69 | 136.913,34 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,07 |
| pimentao | 149,00 | 2.859.659,16 | 28.608 | 5.215,00 | 208,60 | 213,82 | 0,13 |
| feijao | 135,87 | 184.604,79 | 10.326 | 679,37 | 63,32 | 64,00 | 0,36 |
| repolho | 52,50 | 655.712,46 | 7.455 | 210,00 | 61,27 | 61,48 | 0,03 |
| alface | 32,70 | 316.145,44 | 5.101 | 228,90 | 30,54 | 30,77 | 0,02 |
| cebola | 9,00 | 13.867,72 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,00 |
| tomate entr | 138,95 | 856.616,22 | 50.995 | 3.751,65 | 194,53 | 198,28 | 0,56 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.621.401,08 | 28.608 | 5.215,00 | 208,60 | 213,82 | 0,39 |
| feijao entr | 114,36 | 239.966,20 | 8.691 | 571,79 | 53,29 | 53,86 | 0,68 |
| repolho entr | 52,50 | 837.053,02 | 7.455 | 210,00 | 61,27 | 61,48 | 0,07 |
| alface entr | 32,70 | 415.075,67 | 5.101 | 228,90 | 30,54 | 30,77 | 0,05 |
| cebola entr | 29,99 | 90.093,74 | 6.328 | 359,90 | 20,99 | 21,35 | 0,03 |
| banana | 352,50 | 4.996.361,62 | 75.082 | 2.467,50 | 246,75 | 249,22 | 4,37 |
| mamao | 50,00 | 337.557,49 | 9.600 | 850,00 | 46,70 | 47,55 | 0,48 |
| limao | 50,00 | 4.355.985,96 | 5.650 | 408,50 | 46,70 | 47,11 | 0,40 |
| goiaba | 50,00 | 204.518,18 | 5.500 | 671,00 | 46,70 | 47,37 | 0,40 |
| TOTAL | 1.440,76 | 20.121.532,08 | 271.699 | 22.301,01 | 1.384,46 | 1.406,76 | 8,0418 |
| Sazonais Safra = | 420,76 | | | | | | |
| Sazonais Entressafra = | 517,50 | | | | | | |
| Frutas = | 502,50 | | | | | | |
| Total Area Cultivada = | 1.020,00 | | | | | | |

Como podemos observar na Tabela 50, a maximização da receita líquida e a minimização da adubação e defensivos químicos tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 20.121.532 (aproximadamente 322.000 a menos que a receita líquida do cenário C1, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 271.699 (aproximadamente 87% do cenário C2, que maximiza mão-de-obra) e um uso de adubos e defensivos de 1.407 toneladas (aproximadamente 3 vezes mais que o cenário C3, que minimiza agroquímicos).

As culturas da banana, limão, pimentão (safra e entressafra), tomate (safra e entressafra) e repolho (safra e entressafra) foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 23, temos a distribuição das culturas por área plantada.

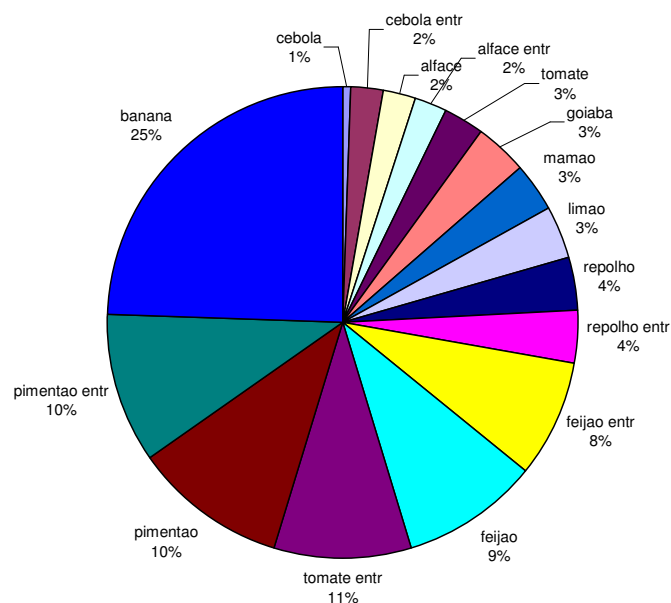


Gráfico 23 - Culturas alocadas por área plantada (ha).

No Gráfico 24, temos a distribuição de receita líquida por cultura.

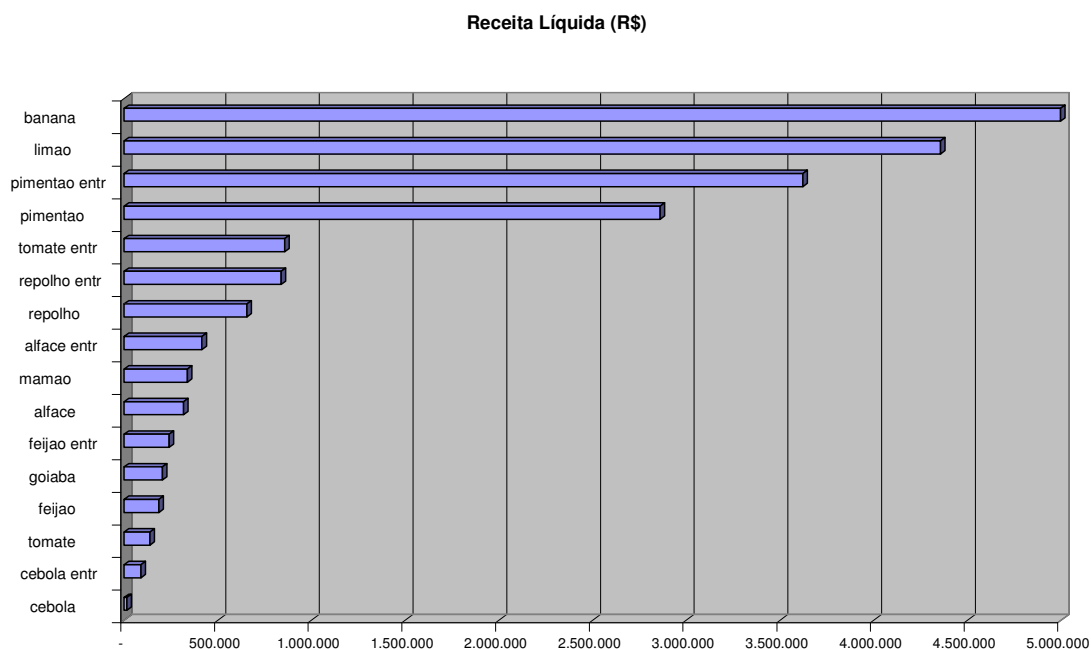


Gráfico 24 - Distribuição de receita líquida por cultura.

7.1.6.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C5.

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório Tabela 51 é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 51 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C5.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|-------------|--------|
| 1,3411 | 1,4275 | 0,7005 | 0,331614632 | 0,7649 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,33 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 76%.

7.1.7 O Cenário C6 – agricultura convencional

Este cenário tem como objetivo maximizar a mão-de-obra e minimizar o uso de adubação e defensivos químicos na agricultura de manejo convencional.

7.1.7.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C6

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 52 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C6.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7197 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 52, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação

direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consuntivas (abastecimento humano e irrigação).

7.1.7.2 A agricultura irrigada no cenário C6

O Gráfico 25 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C6. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

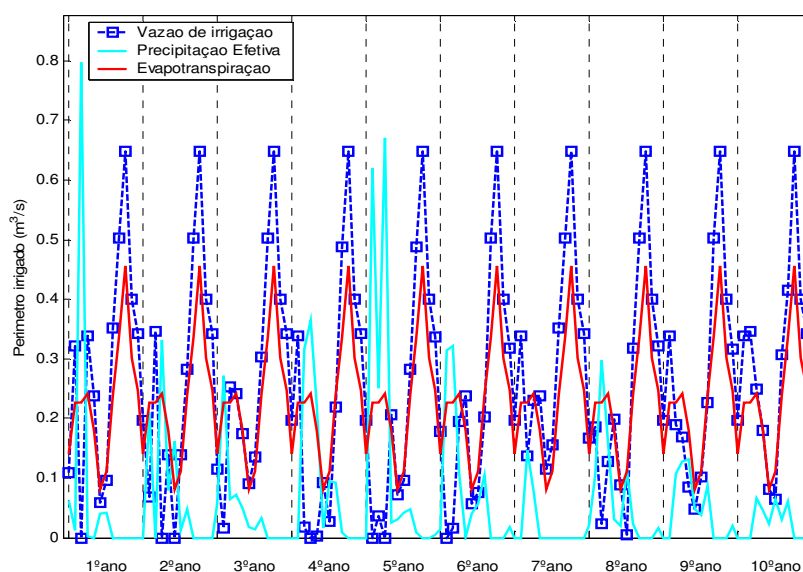


Gráfico 25 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C6.

No Gráfico 26 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização. Houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano, distribuídos anualmente com 539 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 539 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 481 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

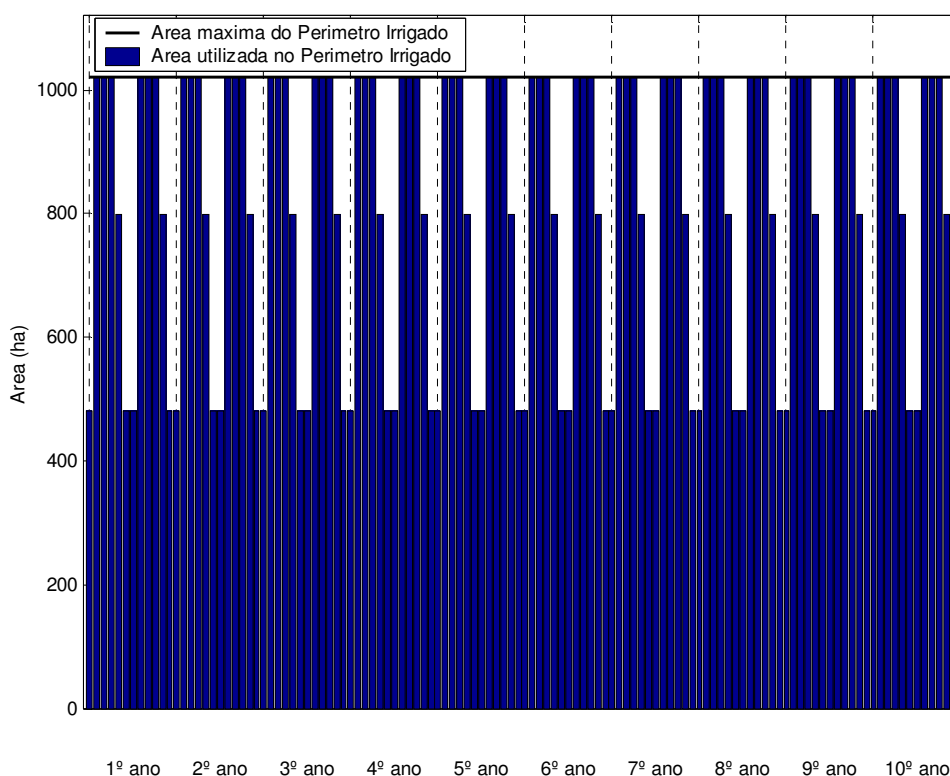


Gráfico 26 - Área plantada das áreas irrigadas para o Cenário C6.

A Tabela 53 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 53 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C6 (insumos/ano).

| Culturas | Area Plant(ha) | Rec.Liq (R\$) | Mao-de-Obra(H/D) | Defensivos (kg) | Adubacao (T) | Adub+ Def(T) | Qirrig (hm3) |
|---------------|-----------------|----------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| goiaba | 28,47 | 116.433,75 | 3.131 | 382,01 | 26,59 | 26,97 | 0,23 |
| cebola | 30,00 | 46.225,24 | 6.330 | 360,00 | 21,00 | 21,36 | 0,01 |
| cebola entr | 30,00 | 90.117,86 | 6.330 | 360,00 | 21,00 | 21,36 | 0,03 |
| alface | 32,70 | 316.143,34 | 5.101 | 228,90 | 30,54 | 30,77 | 0,02 |
| alface entr | 32,70 | 415.073,07 | 5.101 | 228,90 | 30,54 | 30,77 | 0,05 |
| limao | 50,00 | 4.355.800,56 | 5.650 | 408,48 | 46,70 | 47,11 | 0,40 |
| mamao | 50,00 | 337.555,89 | 9.600 | 850,00 | 46,70 | 47,55 | 0,48 |
| repolho | 52,50 | 655.709,17 | 7.455 | 210,00 | 61,27 | 61,48 | 0,03 |
| repolho entr | 52,50 | 837.047,71 | 7.455 | 210,00 | 61,27 | 61,48 | 0,07 |
| feijao | 135,87 | 184.603,54 | 10.326 | 679,37 | 63,32 | 64,00 | 0,36 |
| feijao entr | 135,87 | 285.116,06 | 10.326 | 679,37 | 63,32 | 64,00 | 0,80 |
| tomate | 138,95 | 456.377,30 | 50.995 | 3.751,65 | 194,53 | 198,28 | 0,23 |
| tomate entr | 138,95 | 856.615,93 | 50.995 | 3.751,65 | 194,53 | 198,28 | 0,56 |
| pimentao | 149,00 | 2.859.654,53 | 28.608 | 5.214,99 | 208,60 | 213,81 | 0,13 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.621.395,50 | 28.608 | 5.214,99 | 208,60 | 213,81 | 0,39 |
| banana | 352,50 | 4.996.359,35 | 75.082 | 2.467,50 | 246,75 | 249,22 | 4,37 |
| TOTAL | 1.559,01 | 20.430.228,81 | 311.094 | 24.997,79 | 1.525,25 | 1.550,24 | 8,16 |
| Sazonais | | | | | | | |
| Safra = | 539,02 | | | | | | |
| Sazonais | | | | | | | |
| Entressafra = | 539,02 | | | | | | |
| Frutas = | 480,96 | | | | | | |
| Total Area | | | | | | | |
| Cultivada = | 1.020,00 | | | | | | |

Como podemos observar na Tabela 53, a maximização da mão-de-obra e a minimização da adubação e defensivos químicos teve como resultados: uma receita líquida de R\$ 20.430.228 (quase igual ao cenário C1, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 311.094 (igual ao cenário C2, que maximiza mão-de-obra) e um uso de adubos e defensivos químicos de 1.550 toneladas (3 vezes mais que o cenário C3, que minimiza adubos e defensivos químicos).

As culturas da banana, limão, tomate (safra e entressafra) e pimentão (safra e entressafra) e repolho (safra e entressafra) foram as que geraram maior mão-de-obra.

No Gráfico 27, temos a distribuição das culturas por área plantada.

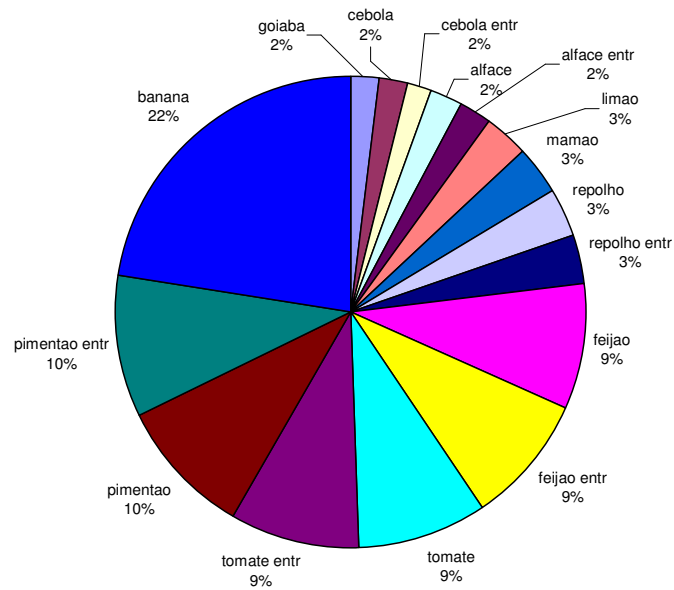


Gráfico 27 - Culturas alocadas por área plantada (ha).

No Gráfico 28, temos a alocação de mão-de-obra em homens/dia.

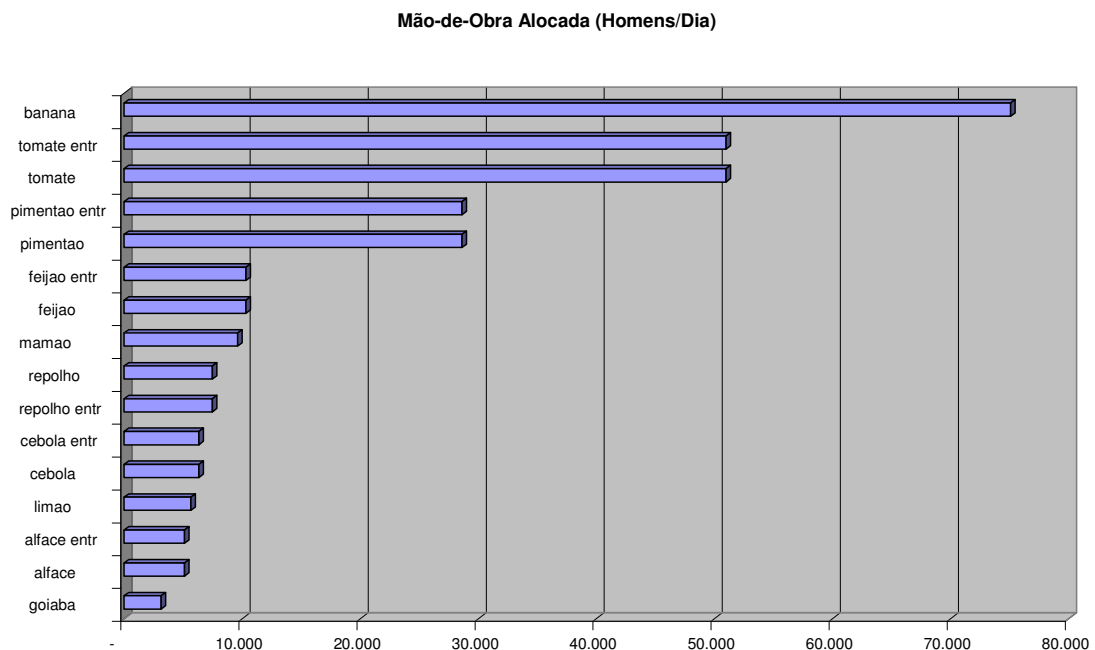


Gráfico 28 - Culturas com maior mão-de-obra.

7.1.7.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C6

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 54) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RCG, FMA e CUI.

Tabela 54 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C6.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|-------------|--------|
| 1,3397 | 1,4308 | 0,6989 | 0,326913762 | 0,7877 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,33 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 79%.

7.1.8 O Cenário C7 – agricultura convencional

Este cenário tem como objetivo maximizar a receita líquida, maximizar a mão-de-obra e minimizar o uso de adubação e defensivos químicos na agricultura de manejo convencional.

7.1.8.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C7

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 55 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C7.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7197 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 55, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluências foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos

operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.1.8.2 A agricultura irrigada no cenário C7

O Gráfico 29 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C7. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

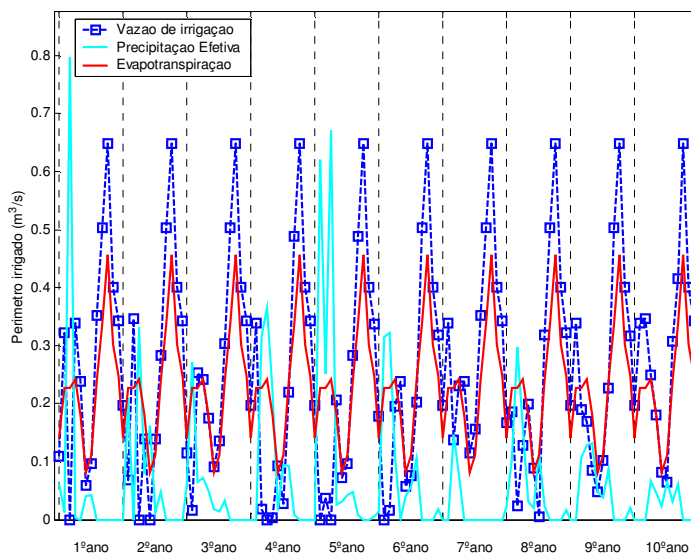


Gráfico 29 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C7.

No Gráfico 30 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização. Houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano,

distribuídos anualmente com 539 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 539 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 481 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

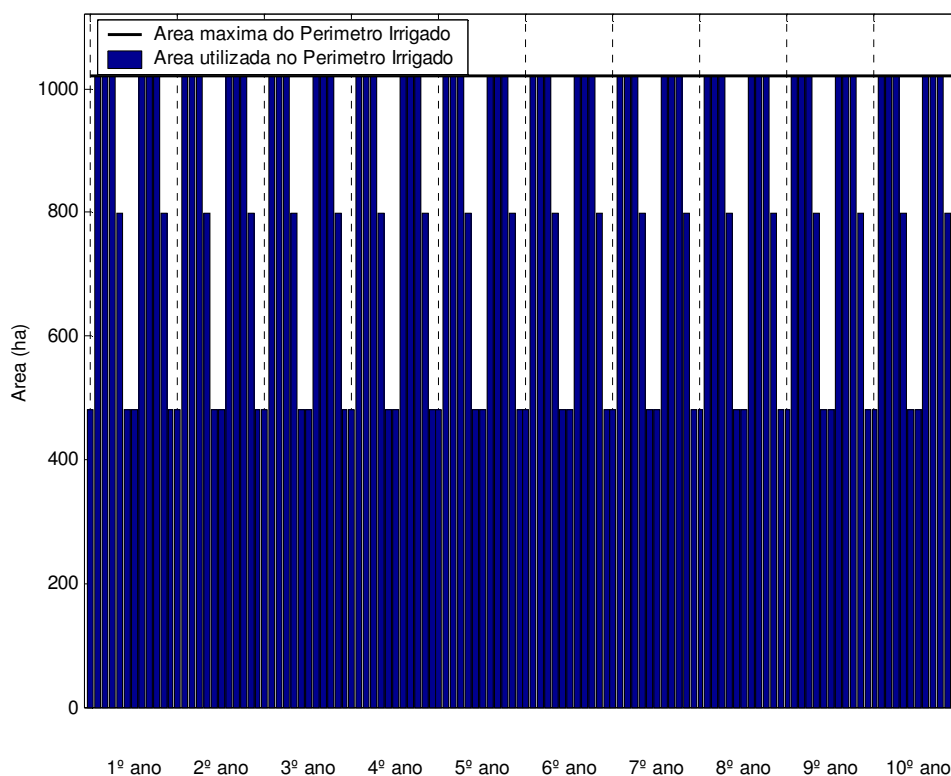


Gráfico 30 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C7.

A Tabela 56 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 56 - Dados das culturas nas áreas irrigadas para o cenário C7 (insumos/ano).

| Culturas | Area Plant(ha) | Rec.Liq (R\$) | Mao-de-Obra(H/D) | Defensivos (kg) | Adubacao (T) | Adub+ Def(T) | Qirrig (hm3) |
|---------------|-----------------|----------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| goiaba | 28,47 | 116.471,60 | 3.132 | 382,13 | 26,60 | 26,98 | 0,2283 |
| cebola | 30,00 | 46.225,43 | 6.330 | 360,00 | 21,00 | 21,36 | 0,0089 |
| cebola entr | 30,00 | 90.118,19 | 6.330 | 360,00 | 21,00 | 21,36 | 0,0306 |
| alface | 32,70 | 316.145,39 | 5.101 | 228,90 | 30,54 | 30,77 | 0,016 |
| alface entr | 32,70 | 415.075,59 | 5.101 | 228,90 | 30,54 | 30,77 | 0,0494 |
| mamao | 50,00 | 337.557,45 | 9.600 | 850,00 | 46,70 | 47,55 | 0,4841 |
| limao | 50,00 | 4.355.985,87 | 5.650 | 408,50 | 46,70 | 47,11 | 0,404 |
| repolho | 52,50 | 655.712,40 | 7.455 | 210,00 | 61,27 | 61,48 | 0,027 |
| repolho entr | 52,50 | 837.052,93 | 7.455 | 210,00 | 61,27 | 61,48 | 0,0742 |
| feijao | 135,87 | 184.604,54 | 10.326 | 679,37 | 63,32 | 64,00 | 0,3631 |
| feijao entr | 135,87 | 285.117,47 | 10.326 | 679,37 | 63,32 | 64,00 | 0,8049 |
| tomate | 138,95 | 456.377,52 | 50.995 | 3.751,65 | 194,53 | 198,28 | 0,2302 |
| tomate entr | 138,95 | 856.616,34 | 50.995 | 3.751,65 | 194,53 | 198,28 | 0,5557 |
| pimentao | 149,00 | 2.859.659,09 | 28.608 | 5.215,00 | 208,60 | 213,82 | 0,1333 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.621.401,01 | 28.608 | 5.215,00 | 208,60 | 213,82 | 0,3892 |
| banana | 352,50 | 4.996.361,56 | 75.082 | 2.467,50 | 246,75 | 249,22 | 4,3652 |
| TOTAL | 1.559,02 | 20.430.482,35 | 311.095 | 24.997,98 | 1.525,26 | 1.550,26 | 8,164 |
| Sazonais | | | | | | | |
| Safra = | 539,02 | | | | | | |
| Sazonais | | | | | | | |
| Entressafra = | 539,02 | | | | | | |
| Frutas = | 480,97 | | | | | | |
| Total Area | | | | | | | |
| Cultivada = | 1.020,00 | | | | | | |

Como podemos observar na Tabela 56, a maximização da receita líquida, a maximização da mão-de-obra e a minimização da adubação e defensivos químicos teve como resultados: uma receita líquida de R\$ 20.430.482 (quase igual ao cenário C1, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 311.095 (igual ao cenário C2, que maximiza mão-de-obra) e um uso de adubos e defensivos químicos de 1.550 toneladas (cerca de 3 vezes mais que o cenário C3, que minimiza adubos e defensivos químicos).

As culturas da banana, limão, pimentão (safra e entressafra), tomate (safra e entressafra) e repolho (safra e entressafra) foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 31, temos a distribuição das culturas por área plantada.

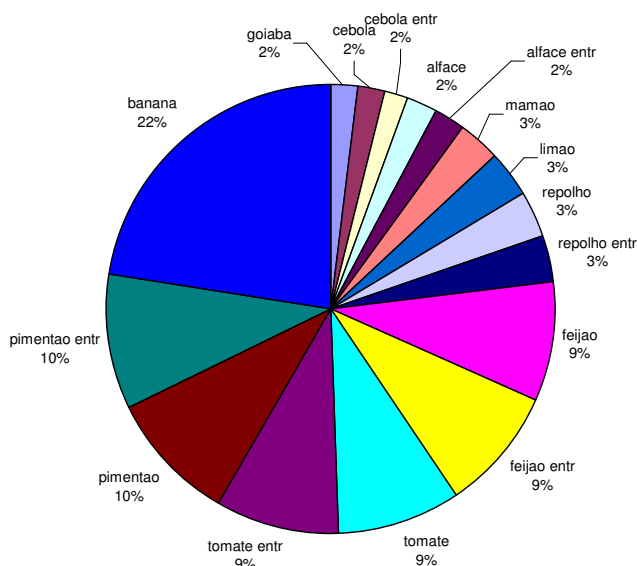


Gráfico 31 - Culturas alocadas por área plantada (ha).

No Gráfico 32, temos a distribuição de receita líquida em reais.

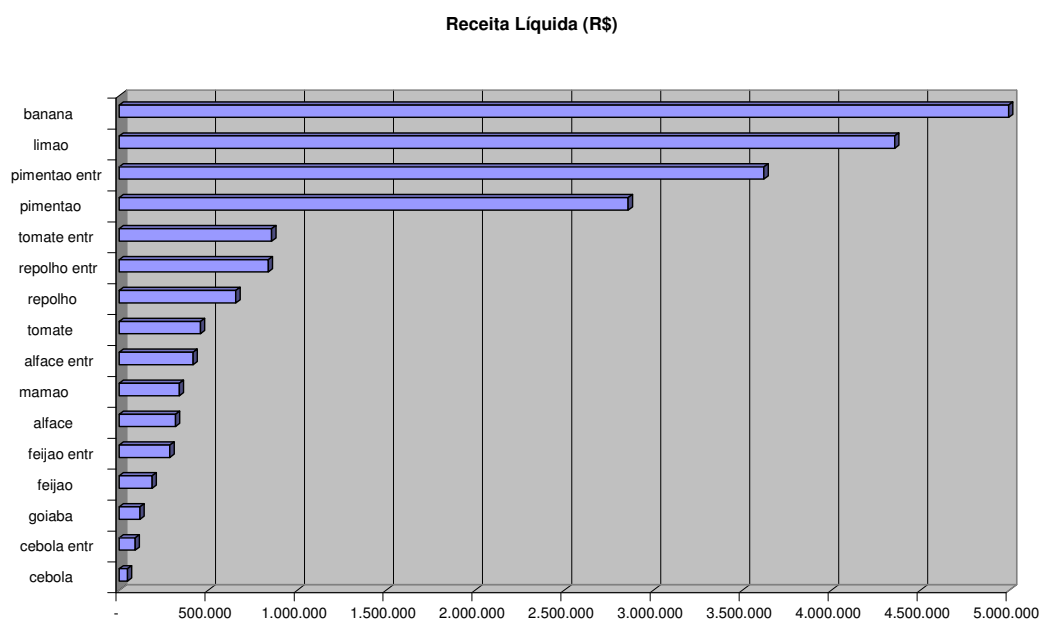


Gráfico 32 - Culturas com maior receita líquida.

7.1.8.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C7

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 57) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 57 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C7.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|------------|------------|------------|-------------|------------|
| 1,3397 | 1,4308 | 0,6989 | 0,326908595 | 0,7877 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,33 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 79%.

7.1.9 Resumo dos cenários da agricultura convencional

Na Tabela 58, temos um resumo dos totais gerais de cada cenário em relação a agricultura convencional.

Tabela 58 - Cenários da agricultura convencional (Totais – Insumos/ano).

| Cenário | Area Plant (ha) | Rec.Liq (R\$) | Mao-de-Obra (H/D) | Defensivos (kg) | Adubacao (T) | Adub+Def (T) | QirrCultura (hm3/Ano) |
|---------|-----------------|---------------|-------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------------|
| C1 | 1.020,00 | 20.443.889,42 | 310.113 | 25.067,43 | 1.525,14 | 1.550,21 | 8,1525 |
| C2 | 1.020,00 | 20.430.484,81 | 311.095 | 24.997,98 | 1.525,26 | 1.550,26 | 8,1640 |
| C3 | 312,46 | 6.155.561,60 | 94.039 | 7.586,06 | 463,61 | 471,20 | 2,5010 |
| C4 | 1.020,00 | 20.430.485,35 | 311.095 | 24.997,98 | 1.525,26 | 1.550,26 | 8,1640 |
| C5 | 1.020,00 | 20.121.532,08 | 271.699 | 22.301,01 | 1.384,46 | 1.406,76 | 8,0418 |
| C6 | 1.020,00 | 20.430.228,81 | 311.094 | 24.997,79 | 1.525,25 | 1.550,24 | 8,1639 |
| C7 | 1.020,00 | 20.430.482,35 | 311.095 | 24.997,98 | 1.525,26 | 1.550,26 | 8,1640 |

Como podemos observar na Tabela 58, a maior receita líquida foi de R\$ 20.443.889 obtida no cenário C1, cujo objetivo era de maximizar a receita líquida. A alocação máxima de mão-de-obra foi de 311.094 homens/dia ocorreu no cenário C2, C4, C6 e C7, cujo um dos objetivos era de maximizar a mão-de-obra. O menor consumo de adubação e defensivos químicos foi obtido no cenário C3 (cujo objetivo era de minimizar o uso de adubação e defensivos químicos).

7.2 Resultados e análises da situação 2 - manejo orgânico

7.2.1 O comportamento do reservatório

Em todos os cenários (C1, C2, C3, C4, C5), a demanda para abastecimento humano de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ foi atendida sem falhas.

Os resultados dos indicadores de sustentabilidade foram os seguintes: Confiabilidade = 100%; Resiliência = 100%; Vulnerabilidade = 0%; e Sustentabilidade = 100%.

O comportamento do reservatório, ao longo dos meses, no período de 10 anos, após as retiradas de água para os diversos usos (abastecimento humano e irrigação) gerados pelo modelo para os cenários (C1,..., C5) foram bastante semelhantes, onde a variação do volume foi muito pequena (um volume médio de aproximadamente $370 \text{ hm}^3/\text{mês}$), conforme Gráfico 33.

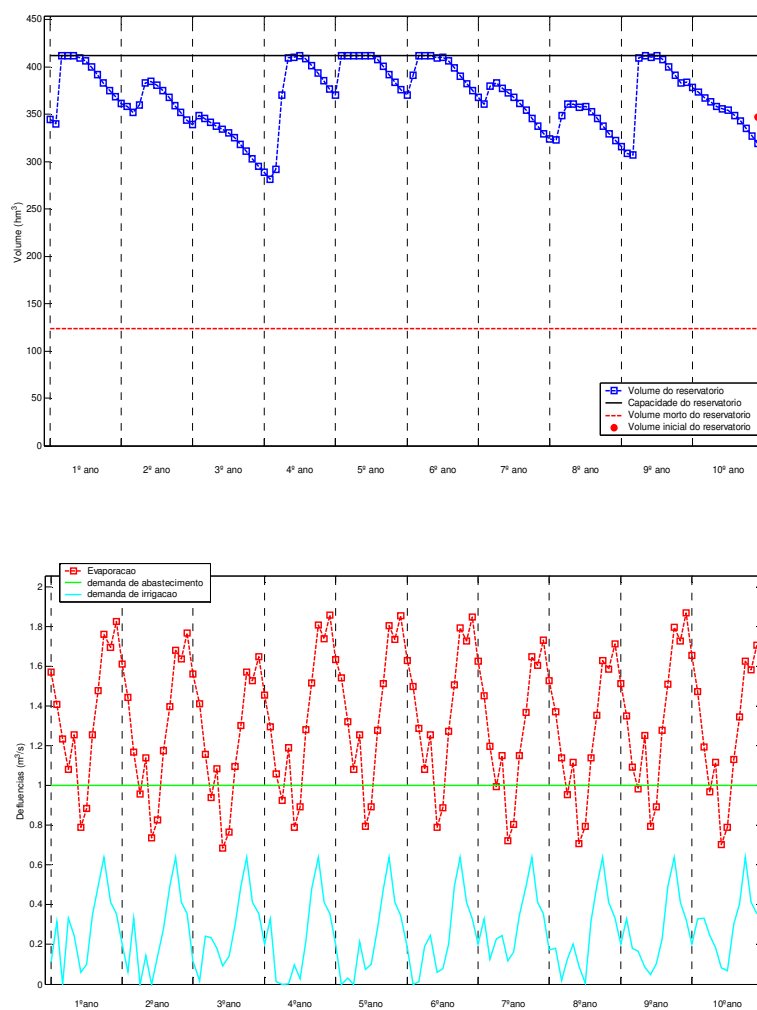


Gráfico 33 (a e b) - Comportamento hídrico do reservatório Epitácio Pessoa.

De acordo com o Gráfico 33, a sustentabilidade hídrica foi atendida, pois o volume final ficou bem próximo ao volume inicial estabelecido. É possível observar que os menores valores ocorrem sempre no segundo semestre do ano, onde as afluências são bem menores. As maiores afluências ocorreram entre os meses de janeiro e abril. Não houve situações em que o volume da água no reservatório tenha ficado com valores baixos, o que é um aspecto favorável, pois se evita que a qualidade da água deteriore e torne-se inadequada ao consumo humano. Os picos de vazões defluentes ocorrem geralmente nos meses onde os volumes apresentam os menores valores. O volume vertido teve uma média alta ($12 \text{ hm}^3/\text{mês}$), com picos no 1º ano, no 5º ano, no 6º e 9º Ano, sendo a série estudada considerada uma série com altos valores de afluências (Gráfico 34).

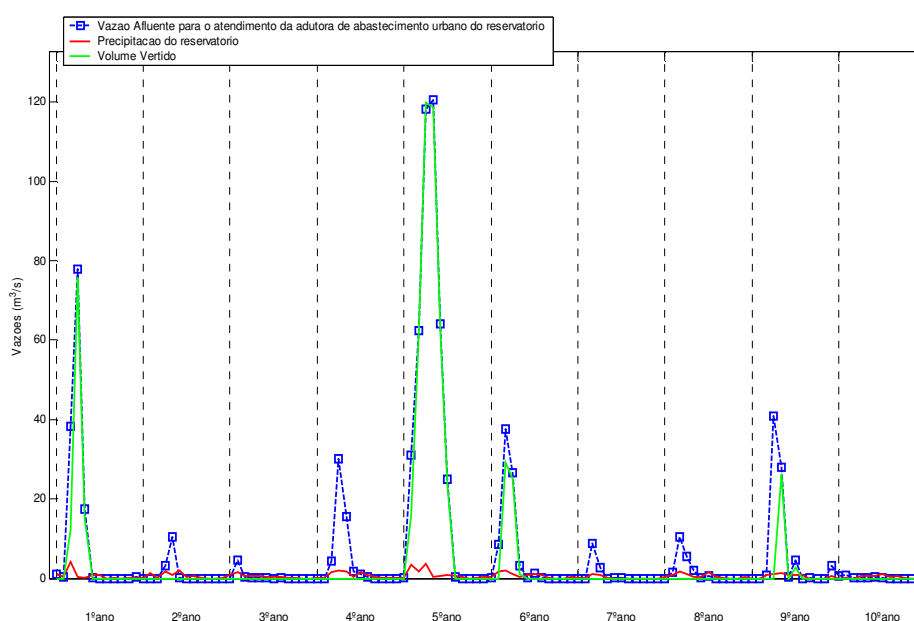


Gráfico 34 - Volume vertido, precipitação e vazão afluyente no reservatório.

De uma maneira geral, verificou-se neste estudo, através das análises realizadas, que na situação 2 (manejo com agricultura orgânico – cenários C1 até C5), foram atendidas satisfatoriamente as demandas para abastecimento humano e irrigação.

No nosso estudo, vamos analisar apenas **duas hipóteses** no incremento da **mão-de-obra** em agricultura orgânica:

Hipótese 1 - O incremento de **0%** de **mão-de-obra** (igual a convencional) para os cenários C1, C2, C3, C4 e C5.

Hipótese 2 - O incremento de **20%** de **mão-de-obra** em relação ao manejo convencional para os cenários C1, C2, C3, C4 e C5 (o valor de 20% foi determinado como uma média da revisão bibliográfica e de entrevistas com os agricultores).

7.2.2 HIPÓTESE 1: Incremento de 0% de mão-de-obra (igual a convencional) para os cenários C1, C2, C3, C4 e C5.

7.2.2.1 O Cenário C1H1 – agricultura orgânica

Este cenário tem como objetivo maximizar a receita líquida na agricultura de manejo orgânico.

7.2.2.1.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C1H1

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 59 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C1H1.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 59,

O η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é

utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.2.2.1.2 A agricultura irrigada no cenário C1H1

A Gráfico 35 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C1H1. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

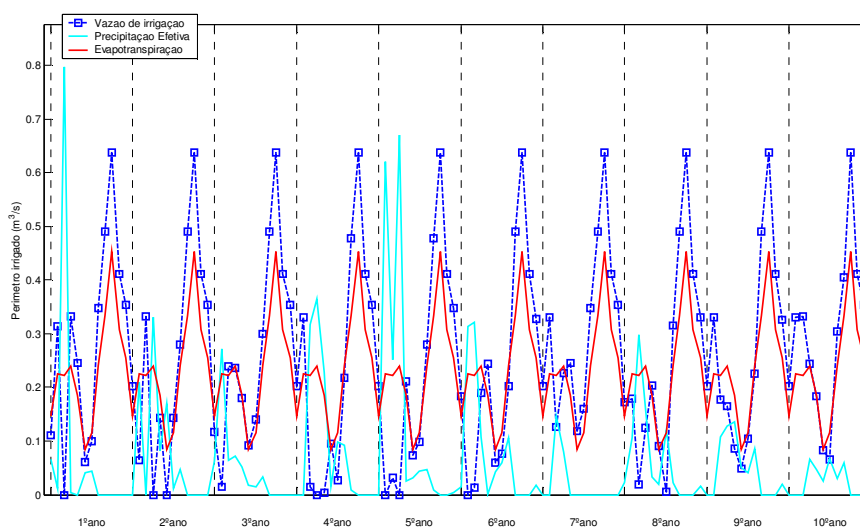


Gráfico 35 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C1H1.

No Gráfico 36 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

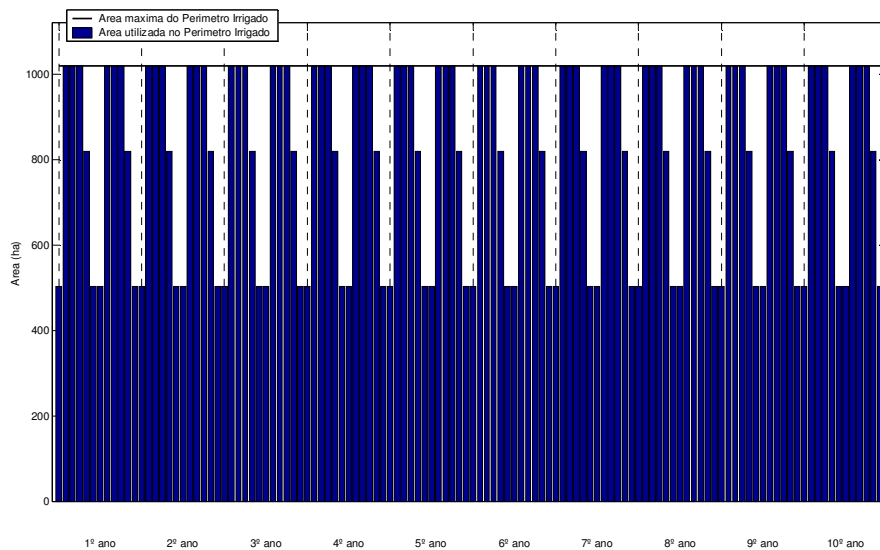


Gráfico 36 - Área plantada das áreas irrigadas para o Cenário C1H1.

A Tabela 60 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 60 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C1H1 (insumos/ano).

| <i>Culturas</i> | <i>Area Plant(ha)</i> | <i>Rec.Liq(R\$)</i> | <i>Mao-de-Obra(H/D)</i> | <i>QirrCultura(hm3)</i> |
|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| cebola | 30,00 | 73.434,75 | 6.330 | 0,0089 |
| cebola entr | 30,00 | 113.268,08 | 6.329 | 0,0306 |
| feijao | 114,35 | 148.146,34 | 8.691 | 0,3056 |
| feijao entr | 114,35 | 221.215,44 | 8.691 | 0,6774 |
| alface | 32,70 | 314.379,03 | 5.101 | 0,0160 |
| goiaba | 50,00 | 342.010,06 | 5.500 | 0,4009 |
| alface entr | 32,70 | 402.498,21 | 5.101 | 0,0494 |
| mamao | 50,00 | 486.949,42 | 9.600 | 0,4841 |
| repolho | 52,50 | 653.911,51 | 7.455 | 0,0270 |
| tomate | 138,95 | 682.386,61 | 50.995 | 0,2302 |
| repolho entr | 52,50 | 807.689,29 | 7.455 | 0,0742 |
| tomate entr | 138,95 | 1.006.204,17 | 50.995 | 0,5557 |
| pimentao | 149,00 | 2.866.745,48 | 28.608 | 0,1333 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.521.207,40 | 28.608 | 0,3892 |
| limao | 50,00 | 4.685.277,87 | 5.650 | 0,4040 |
| banana | 352,50 | 5.824.729,50 | 75.082 | 4,3652 |
| TOTAL | 1.537,50 | 22.150.053,15 | 310.191 | 8,1516 |
| Sazonais Safra = | 517,50 | | | |
| Sazonais Entressafra = | 517,50 | | | |
| Frutas = | 502,50 | | | |
| Total Area Cultivada = | 1.020,00 | | | |

Como podemos observar na Tabela 60, a maximização da receita líquida teve com resultados: uma receita líquida de R\$ 22.150.053,15, uma alocação de mão-de-obra de 310.191 homens/dia e como usamos o manejo orgânico, não utilizamos agroquímicos. Observamos uma área cultivada de 1.020 ha, com 517 ha alocados para culturas sazonais safra, 517 ha alocados para culturas sazonais entressafra e 503 ha para culturas perenes (frutas).

As culturas de maior receita líquida foram: banana, limão, pimentão (safra e entressafra), tomate (safra e entressafra) e repolho (safra e entressafra).

No Gráfico 37, temos a distribuição das culturas por área plantada.

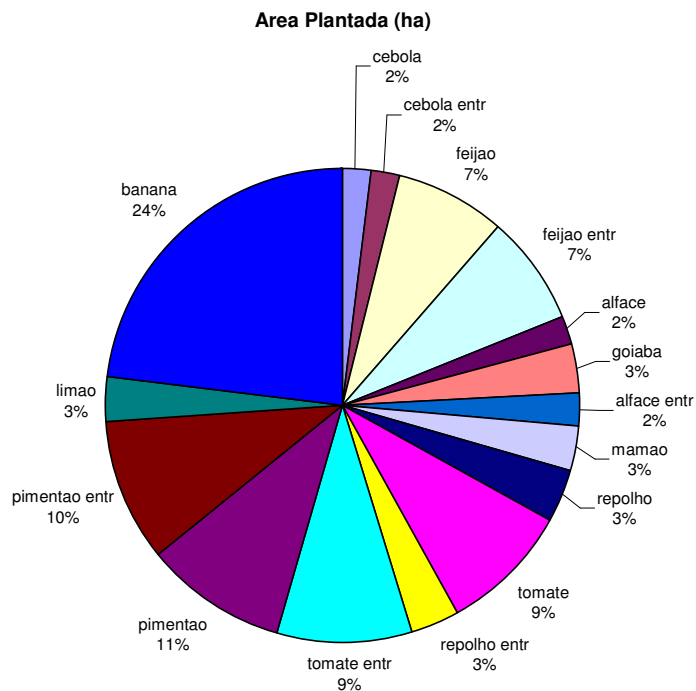


Gráfico 37 - Culturas alocadas por área plantada em ha.

No Gráfico 38, temos a distribuição por receita líquida em Reais.

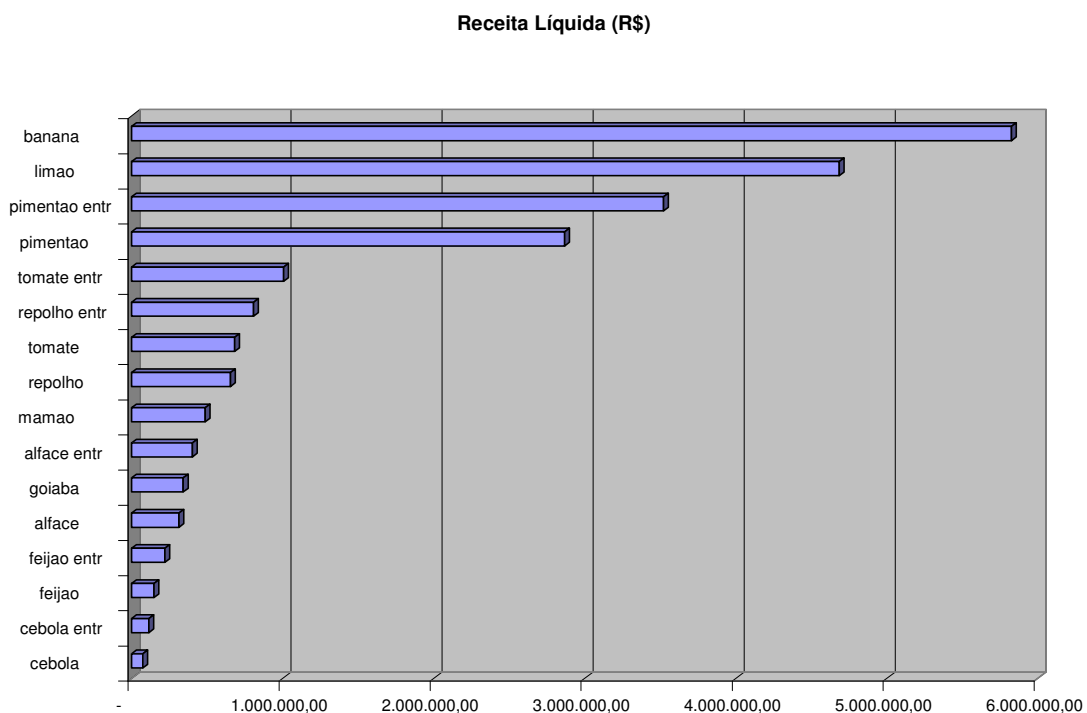


Gráfico 38 - Culturas com maior receita líquida em Reais.

7.2.2.1.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C1H1

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 61) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 61 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C1H1.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,322113 | 0,7983 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 33% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,322113 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 71%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.2.2.2 O Cenário C2H1 – agricultura orgânica

Este cenário tem como objetivo maximizar a mão-de-obra na agricultura de manejo orgânico.

7.2.2.2.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C2H1

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 62 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C2H1.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7197 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 62, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.2.2.2.2 A agricultura irrigada no cenário C2H1

O Gráfico 39 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C2H1. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

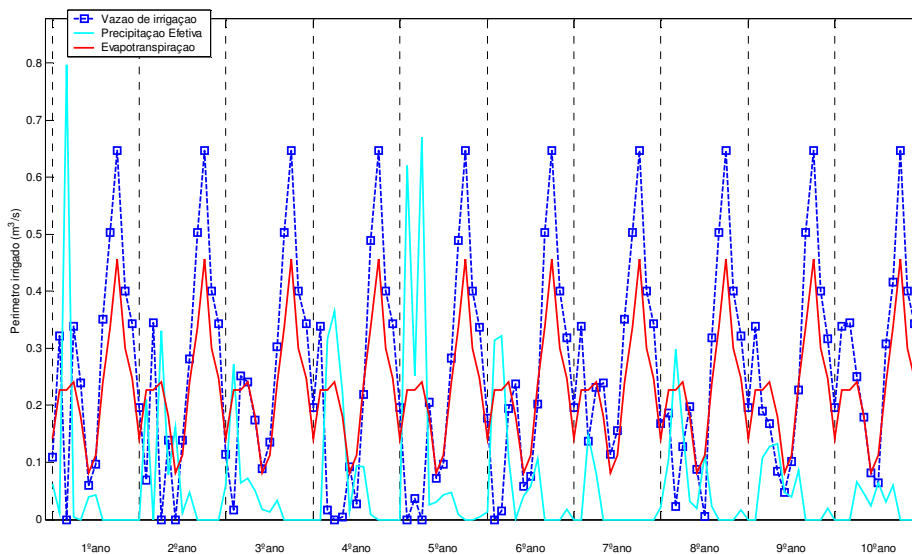


Gráfico 39 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C2H1.

No Gráfico 40 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

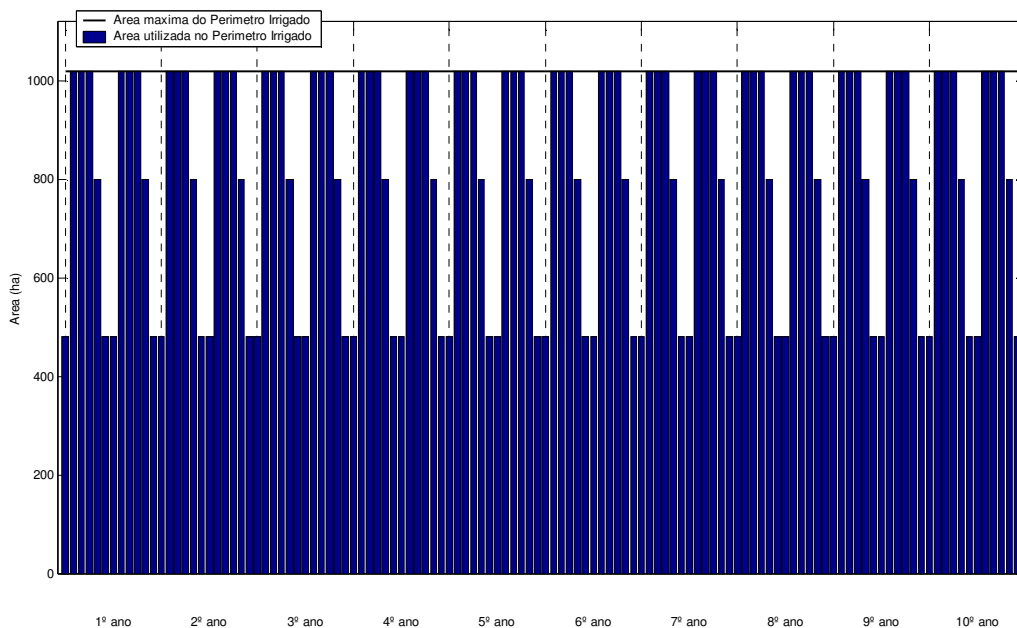


Gráfico 40 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C2H1.

A Tabela 63 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 63- Dados das culturas nas áreas irrigadas para o cenário C2H1 (insumos/ano).

| Culturas | Area Plant(ha) | Rec.Liq(R\$) | Mao-de-Obra(H/D) | QirrCultura(hm3) |
|-----------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| goiaba | 28,48 | 194.775,71 | 3.132 | 0,2283 |
| alface entr | 32,70 | 402.498,89 | 5.101 | 0,0494 |
| alface | 32,70 | 314.379,32 | 5.101 | 0,0160 |
| limao | 50,00 | 4.685.264,91 | 5.650 | 0,4040 |
| cebola | 30,00 | 73.434,85 | 6.330 | 0,0089 |
| cebola entr | 30,00 | 113.277,66 | 6.330 | 0,0306 |
| repolho | 52,50 | 653.911,68 | 7.455 | 0,0270 |
| repolho entr | 52,50 | 807.689,76 | 7.455 | 0,0742 |
| mamao | 50,00 | 486.949,52 | 9.600 | 0,4841 |
| feijao | 135,88 | 176.033,86 | 10.326 | 0,3631 |
| feijao entr | 135,88 | 262.850,42 | 10.326 | 0,8049 |
| pimentao | 149,00 | 2.866.745,60 | 28.608 | 0,1333 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.521.207,53 | 28.608 | 0,3892 |
| tomate | 138,95 | 682.388,04 | 50.995 | 0,2302 |
| tomate entr | 138,95 | 1.006.204,38 | 50.995 | 0,5557 |
| banana | 352,50 | 5.824.729,59 | 75.083 | 4,3652 |
| TOTAL | 1.559,02 | 22.072.341,71 | 311.095 | 8,1640 |
| Sazonais | | | | |
| Safra = | 539,03 | | | |
| Sazonais | | | | |
| Entressafra = | 539,03 | | | |
| Frutas = | 480,98 | | | |
| Total Area | | | | |
| Cultivada = | 1.020,00 | | | |

Como podemos observar na Tabela 63, o cenário C2H1 que teve como objetivo a maximização da mão-de-obra, gerou os seguintes resultados: uma receita líquida de R\$ 22.072.341,71 (R\$ 77.712 a menos que o cenário C1H1, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 311.095 (904 diárias a mais que o cenário C1H1).

Observamos uma área cultivada de 1.020 ha, com 539 ha alocados para culturas sazonais safra, 539 ha alocados para culturas sazonais entressafra e 481 ha para culturas perenes (frutas).

As culturas que geraram o maior número de mão-de-obra foram: banana, tomate (safra e entressafra) e pimentão (safra e entressafra).

No Gráfico 41, temos a distribuição das culturas por área plantada.

Área Plantada (ha)

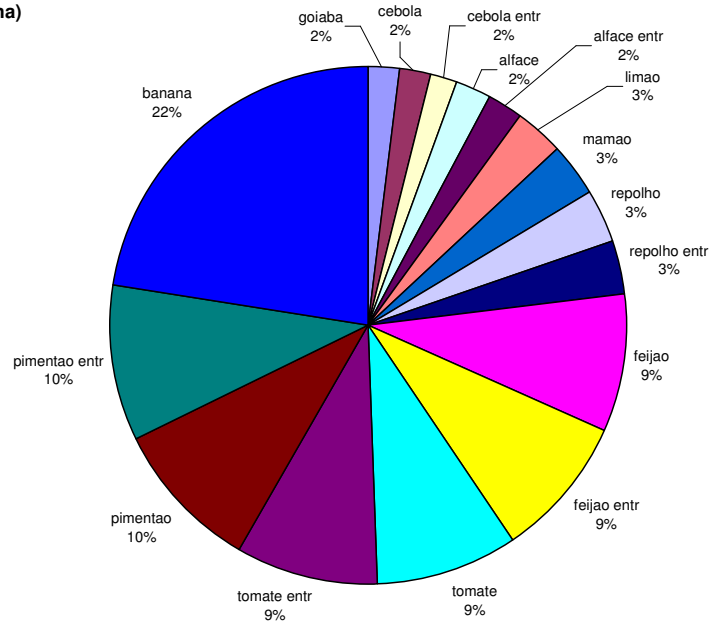


Gráfico 41 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 42, temos a alocação de mão-de-obra em homens/dia.

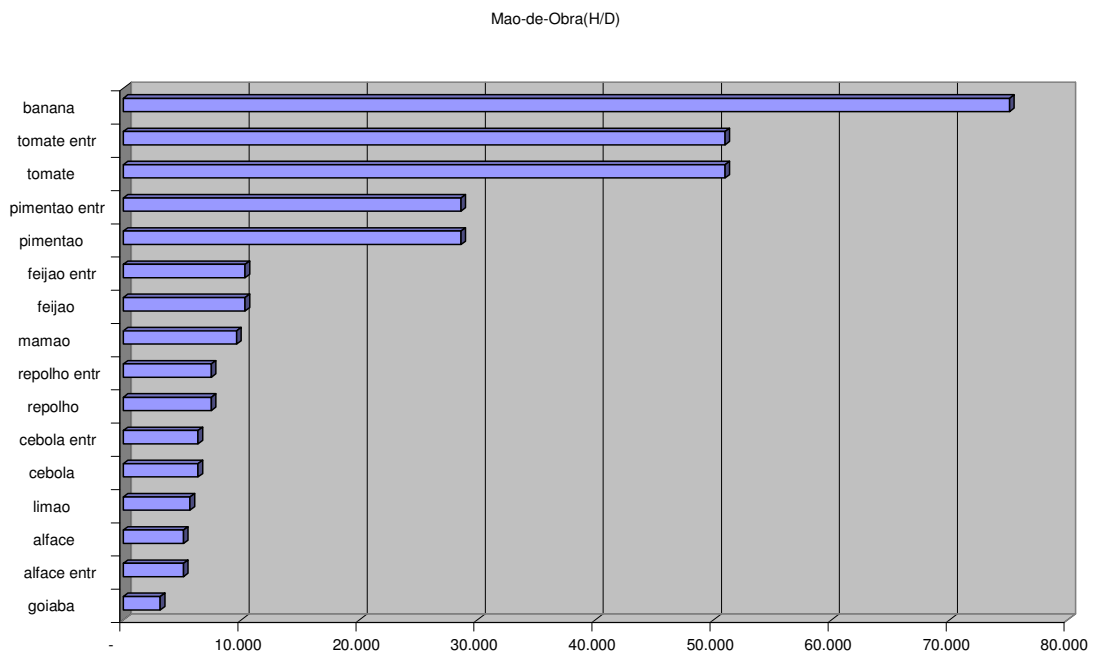


Gráfico 42 - Culturas com maior mão-de-obra.

7.2.2.2.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C2H1

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 64) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 64 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C2H1.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1,3397 | 1,4308 | 0,6989 | 0,326908 | 0,7877 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,326908 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 79%.

7.2.2.3 O Cenário C3H1 – agricultura orgânica

Este cenário tem como objetivo maximizar a receita líquida e maximizar a mão-de-obra na agricultura de manejo orgânico.

7.2.2.3.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C3H1

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 65 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C3H1.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 65, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.2.2.3.2 A agricultura irrigada no cenário C3H1

O Gráfico 43 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C3H1. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

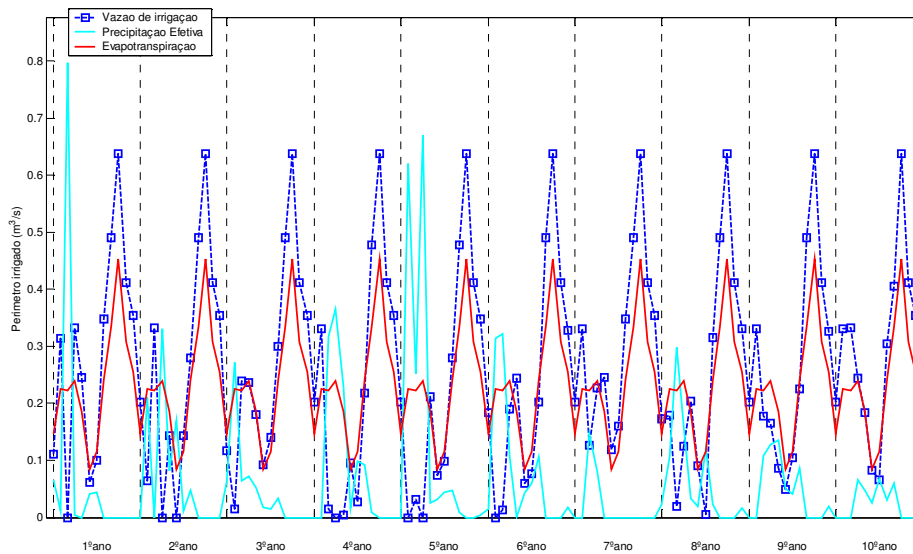


Gráfico 43 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C3H1.

No Gráfico 44 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

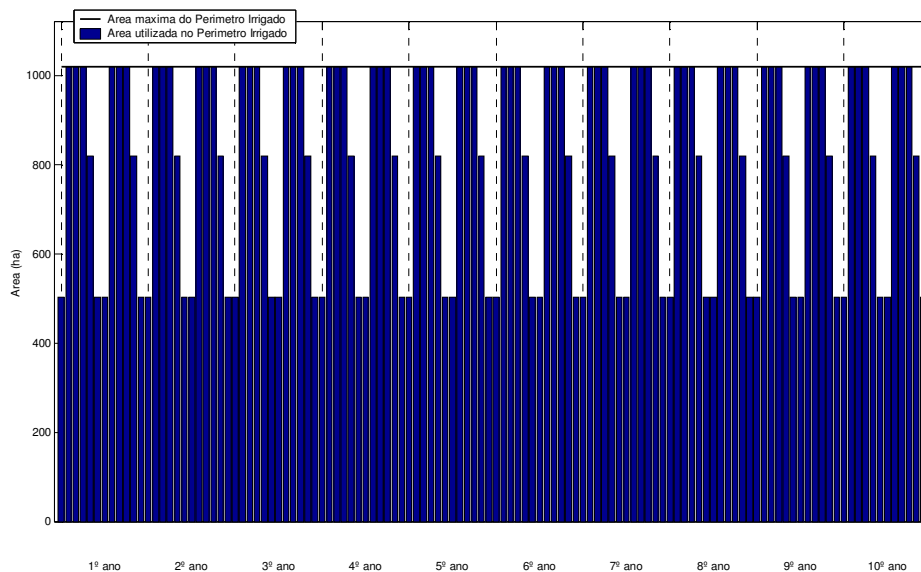


Gráfico 44 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C3H1.

A Tabela 66 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 66 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C3H1 (insumos/ano).

| <i>Culturas</i> | <i>Area Plant(ha)</i> | <i>Rec.Liq(R\$)</i> | <i>Mao-de-Obra(H/D)</i> | <i>QirrCultura(hm3)</i> |
|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| cebola | 29,99 | 73.416,47 | 6.328 | 0,0089 |
| cebola entr | 30,00 | 113.277,52 | 6.330 | 0,0306 |
| feijao | 114,35 | 148.151,41 | 8.691 | 0,3056 |
| feijao entr | 114,35 | 221.215,88 | 8.691 | 0,6774 |
| alface | 32,70 | 314.366,89 | 5.101 | 0,0160 |
| goiaba | 50,00 | 342.009,55 | 5.500 | 0,4009 |
| alface entr | 32,70 | 402.481,69 | 5.101 | 0,0494 |
| mamao | 50,00 | 486.947,24 | 9.600 | 0,4841 |
| repolho | 52,50 | 653.894,85 | 7.455 | 0,0270 |
| tomate | 138,95 | 682.387,06 | 50.995 | 0,2302 |
| repolho entr | 52,50 | 807.667,88 | 7.455 | 0,0742 |
| tomate entr | 138,95 | 1.006.203,35 | 50.995 | 0,5557 |
| pimentao | 149,00 | 2.866.735,82 | 28.608 | 0,1333 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.521.203,47 | 28.608 | 0,3892 |
| limao | 50,00 | 4.685.274,22 | 5.650 | 0,4040 |
| banana | 352,50 | 5.824.727,65 | 75.082 | 4,3652 |
| TOTAL | 1.537,49 | 22.149.960,95 | 310.189 | 8,1516 |
| Sazonais Safra = | 517,49 | | | |
| Sazonais Entressafra = | 517,50 | | | |
| Frutas = | 502,50 | | | |
| Total Area Cultivada = | 1.020,00 | | | |

Como podemos observar na Tabela 66, a maximização da receita líquida e a maximização da mão-de-obra tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 22.149.960,95 (quase igual cenário C1H1, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 310.189 (cerca de 906 diárias a menos que o cenário C2H1, que maximiza mão-de-obra).

Houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano, distribuídos anualmente com 517 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 517 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 503 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas da banana, limão, pimentão (safra e entressafra), tomate (safra e entressafra) e repolho (safra e entressafra) foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 45, temos a distribuição das culturas por área plantada.

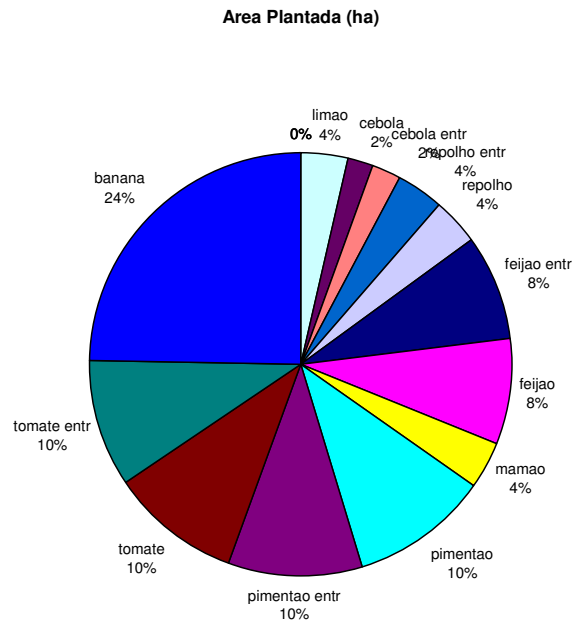


Gráfico 45 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 46, temos a distribuição por receita líquida em reais.

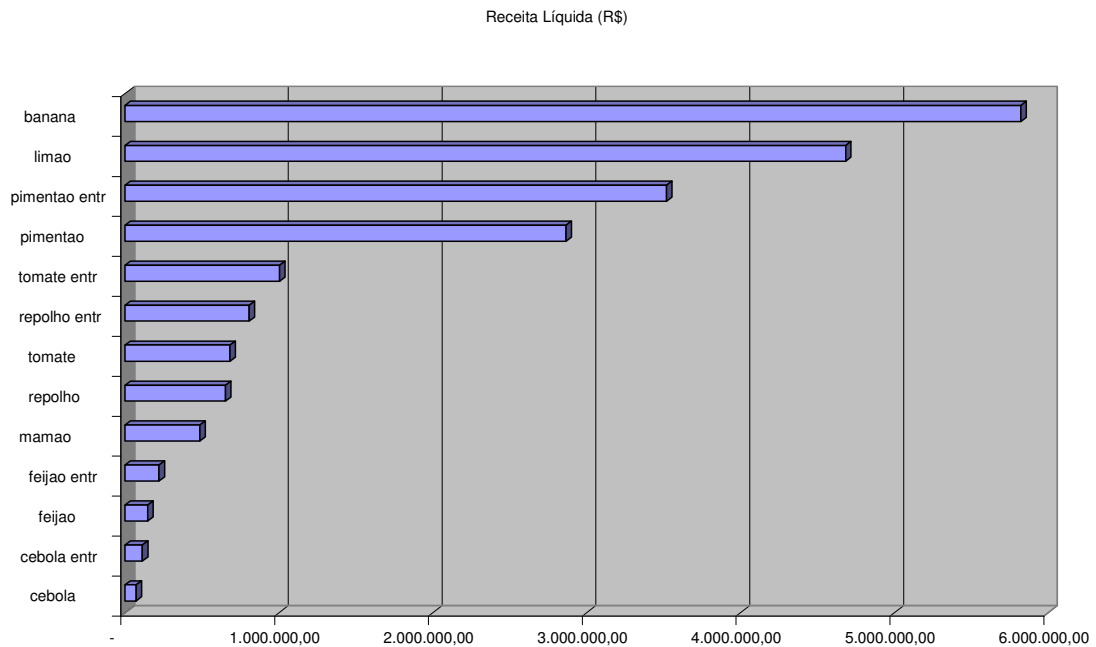


Gráfico 46 - Culturas com maior receita líquida.

7.2.2.3.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C3H1

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 67) é analisada pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 67 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C3H1.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|----------|--------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,322114 | 0,7983 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 33% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,322114 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 71%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.2.2.4 O Cenário C4H1 – agricultura orgânica

Este cenário tem como objetivo atribuir um peso maior a maximização da receita líquida em relação a maximização da mão-de-obra na agricultura de manejo orgânico.

7.2.2.4.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C4H1

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 68 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C4H1.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 68, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluências foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento

(η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.2.2.4.2 A agricultura irrigada no cenário C4H1

O Gráfico 47 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C4H1. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

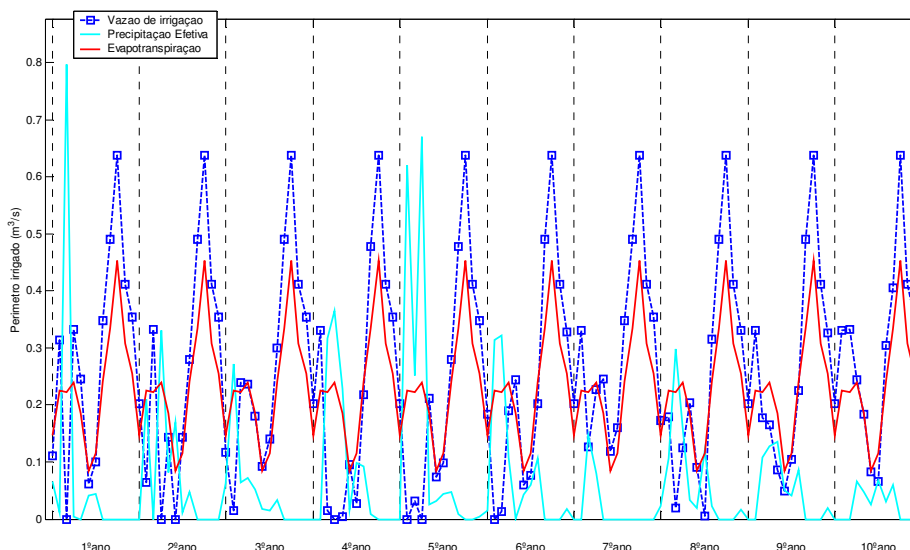


Gráfico 47 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C4H1.

No Gráfico 48 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

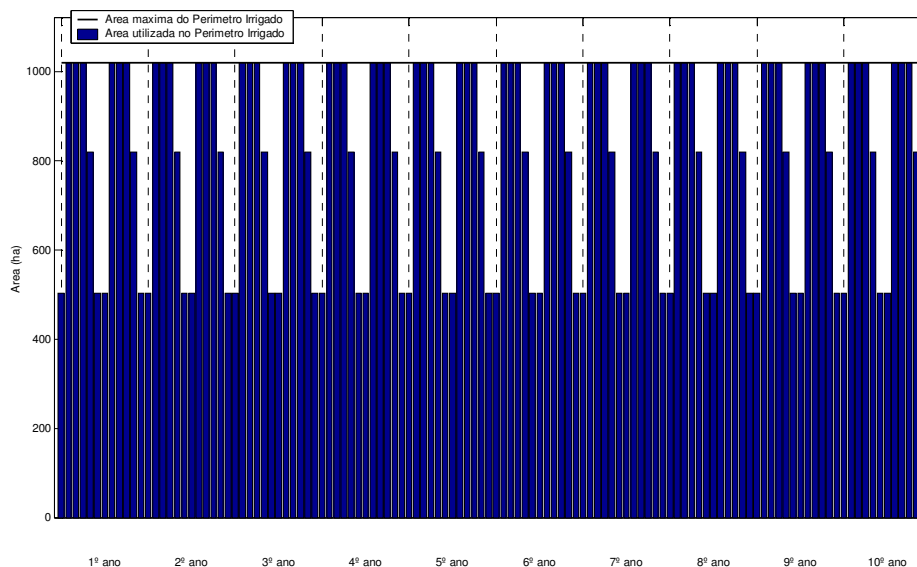


Gráfico 48 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C4H1.

A Tabela 69 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 69 - Dados das culturas nas áreas irrigadas para o cenário C4H1 (insumos/ano).

| <i>Culturas</i> | <i>Área Plant(ha)</i> | <i>Rec.Liq(R\$)</i> | <i>Mao-de-Obra(H/D)</i> | <i>QirrCultura(hm3)</i> |
|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| cebola | 30,00 | 73.425,55 | 6.329 | 0,0089 |
| cebola entr | 29,99 | 113.251,51 | 6.329 | 0,0306 |
| feijao | 114,35 | 148.147,88 | 8.691 | 0,3056 |
| feijao entr | 114,36 | 221.224,22 | 8.691 | 0,6774 |
| alface | 32,70 | 314.379,22 | 5.101 | 0,0160 |
| goiaba | 50,00 | 342.009,07 | 5.500 | 0,4009 |
| alface entr | 32,70 | 402.498,84 | 5.101 | 0,0494 |
| mamao | 50,00 | 486.949,06 | 9.600 | 0,4841 |
| repolho | 52,50 | 653.911,58 | 7.455 | 0,0270 |
| tomate | 138,95 | 682.387,95 | 50.995 | 0,2302 |
| repolho entr | 52,50 | 807.689,76 | 7.455 | 0,0742 |
| tomate entr | 138,95 | 1.006.204,31 | 50.995 | 0,5557 |
| pimentao | 149,00 | 2.866.745,42 | 28.608 | 0,1333 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.521.207,40 | 28.608 | 0,3892 |
| limao | 50,00 | 4.685.277,66 | 5.650 | 0,4040 |
| banana | 352,50 | 5.824.729,12 | 75.082 | 4,3652 |
| TOTAL | 1.537,50 | 22.150.038,54 | 310.190 | 8,1516 |
| Sazonais Safra = | 517,50 | | | |
| Sazonais Entressafra = | 517,50 | | | |
| Frutas = | 502,50 | | | |
| Total Area Cultivada = | 1.020,00 | | | |

Como podemos observar na Tabela 69, a maximização da receita líquida tendo um peso maior que a maximização da mão-de-obra tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 22.150.038,54 (quase igual ao cenário C1H1, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 310.190 (905 diárias a menos que o cenário C2H1, que maximiza mão-de-obra). Além de uma área cultivada de 1.020 ha (a área máxima do perímetro).

Houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano, distribuídos anualmente com 517 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 517 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 503 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas da banana, limão, pimentão (safra e entressafra), tomate (safra e entressafra) e repolho (safra e entressafra) foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 49, temos a distribuição das culturas por área plantada.

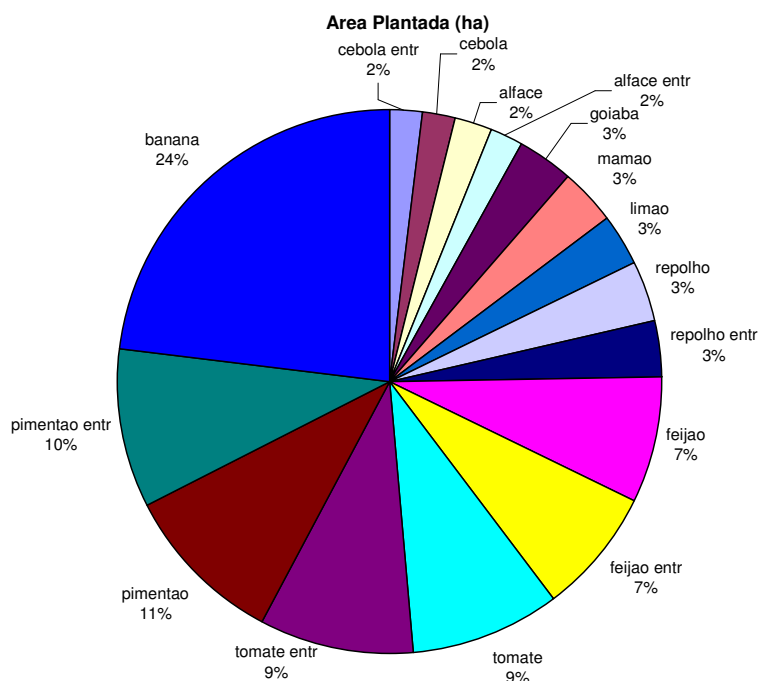


Gráfico 49 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 50, temos a distribuição por receita líquida em reais.

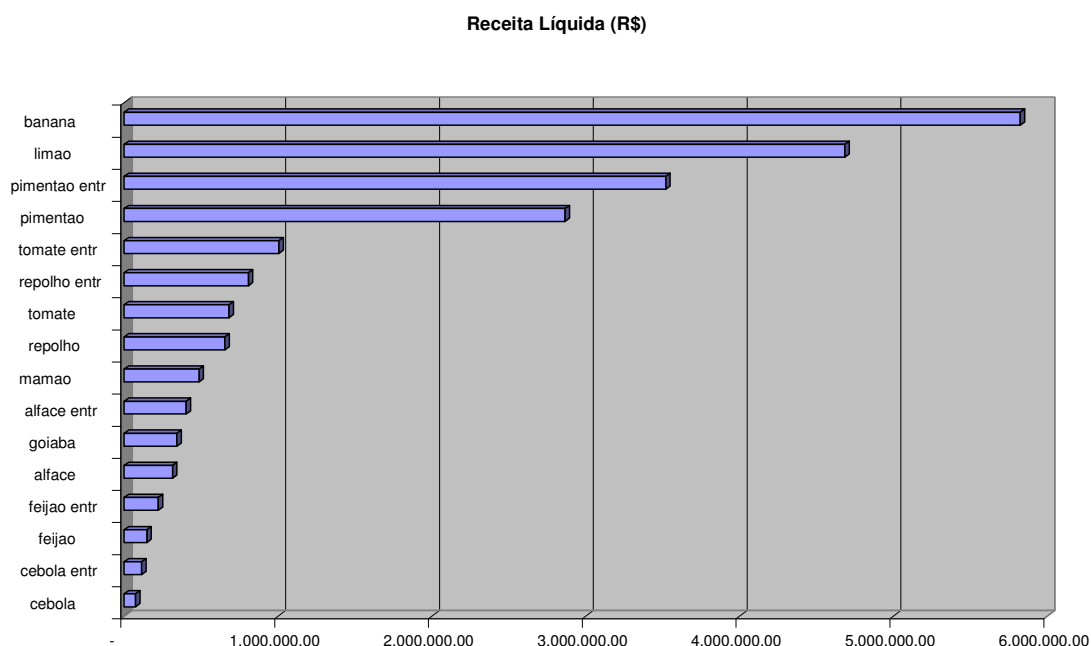


Gráfico 50 - Culturas com maior receita líquida.

7.2.2.4.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C4H1

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 70) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 70 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C4H1.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|----------|--------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,322114 | 0,7983 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 33% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,322114 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 71%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.2.2.5 O Cenário C5H1 – agricultura orgânica

Este cenário tem como objetivo atribuir um peso maior a maximização da mão-de-obra em relação a maximização da receita líquida na agricultura de manejo orgânico.

7.2.2.5.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C5H1

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 71 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C5H1.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7197 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 71, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foi perdida por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.2.2.5.2 A agricultura irrigada no cenário C5H1

O Gráfico 51 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C5H1. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a

demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

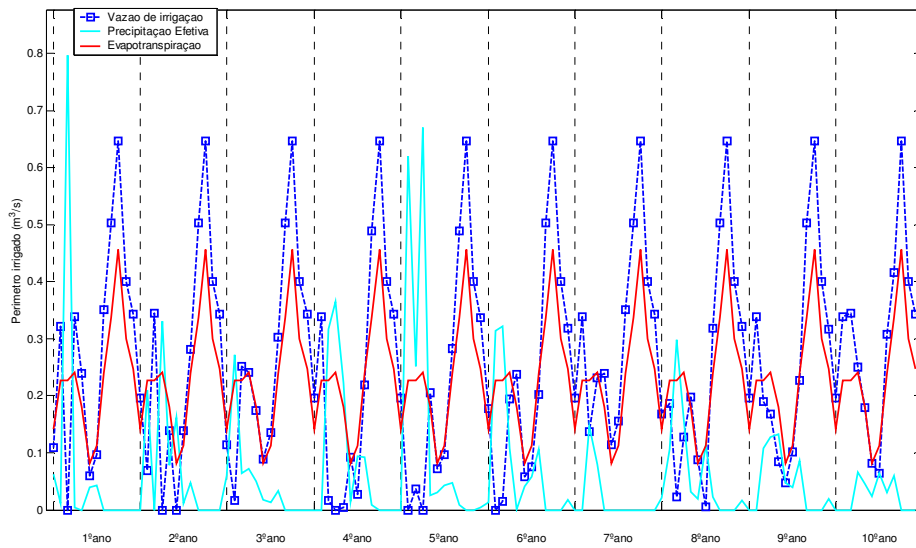


Gráfico 51 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C5H1.

No Gráfico 52 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

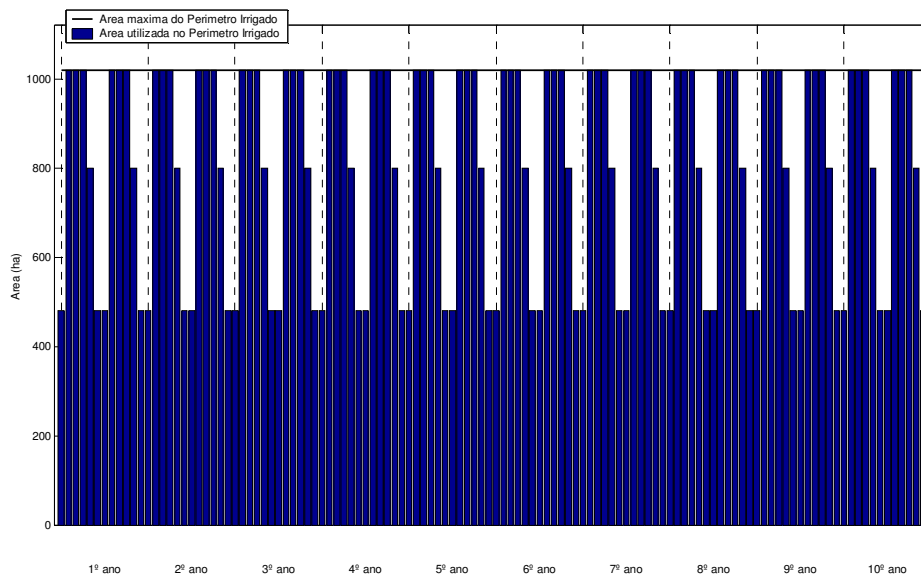


Gráfico 52 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C5H1.

A Tabela 72 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 72 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C5H1 (insumos/ano).

| Culturas | Area Plant(ha) | Rec.Liq(R\$) | Mao-de- Obra(H/D) | QirrCultura(hm3) |
|------------------|---------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|
| goiaba | 28,48 | 194.777,57 | 3.132 | 0,2283 |
| alface entr | 32,70 | 402.498,67 | 5.101 | 0,0494 |
| alface | 32,70 | 314.379,15 | 5.101 | 0,0160 |
| limao | 50,00 | 4.685.277,66 | 5.650 | 0,4040 |
| cebola entr | 30,00 | 113.277,43 | 6.330 | 0,0306 |
| cebola | 30,00 | 73.434,81 | 6.330 | 0,0089 |
| repolho entr | 52,50 | 807.685,58 | 7.455 | 0,0742 |
| repolho | 52,50 | 653.911,47 | 7.455 | 0,0270 |
| mamao | 50,00 | 486.949,48 | 9.600 | 0,4841 |
| feijao | 135,87 | 176.032,86 | 10.326 | 0,3631 |
| feijao entr | 135,87 | 262.849,67 | 10.326 | 0,8049 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.521.207,34 | 28.608 | 0,3892 |
| pimentao | 149,00 | 2.866.745,49 | 28.608 | 0,1333 |
| tomate entr | 138,95 | 1.006.204,35 | 50.995 | 0,5557 |
| tomate | 138,95 | 682.388,02 | 50.995 | 0,2302 |
| banana | 352,50 | 5.824.729,58 | 75.083 | 4,3652 |
| TOTAL | 1.559,02 | 22.072.349,14 | 311.095 | 8,1640 |
| Sazonais Safra = | 539,02 | | | |
| Sazonais | | | | |
| Entressafra = | 539,02 | | | |
| Frutas = | 480,98 | | | |
| Total Area | | | | |
| Cultivada = | 1.020,00 | | | |

Como podemos observar na Tabela 72, a maximização da líquida tendo peso menor que a maximização da mão-de-obra teve como resultados: uma receita líquida de R\$ 22.072.349,14 (quase ao cenário C1H1, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 311.095 (igual ao cenário C2H1, que maximiza mão-de-obra).

Houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano, distribuídos anualmente com 539 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 539 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 481 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas da banana, tomate (safra e entressafra) e pimentão (safra e entressafra) foram as que geraram maior mão-de-obra.

No Gráfico 53, temos a distribuição das culturas por área plantada.

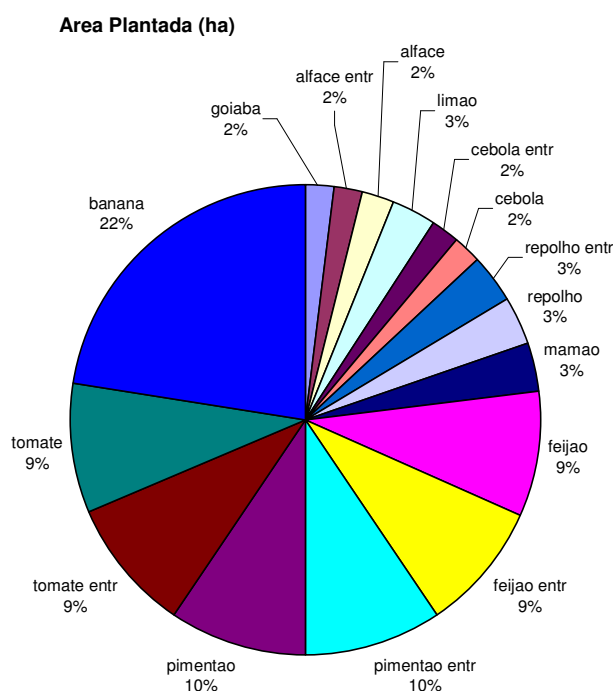


Gráfico 53 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 54, temos a alocação de mão-de-obra em homens/dia.

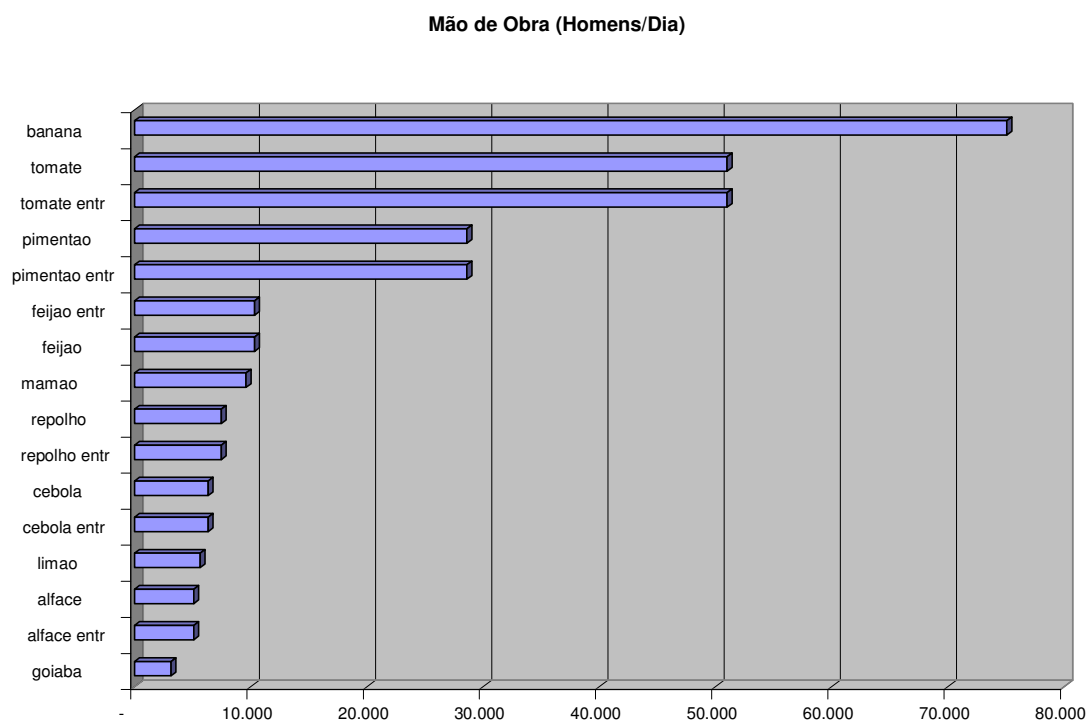


Gráfico 54 - Culturas com maior mão-de-obra.

7.2.2.5.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C5H1

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 73) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 73 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C5H1.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1,3397 | 1,4308 | 0,6989 | 0,326908 | 0,7877 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,326908 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 79%.

7.2.2.6 Resumo dos cenários da agricultura orgânica (incremento de 0% de mão-de-obra)

Na Tabela 74, temos um resumo dos totais gerais de cada cenário em relação a agricultura.

Tabela 74 - Cenários da agricultura orgânica com 0% de incremento de mão de obra (Totais – Insumos/ano).

| Cenários | Area Plant(ha) | Rec.Liq(R\$) | Mao-de-Obra(H/D) | QirrCultura(hm3) |
|----------|----------------|---------------|------------------|------------------|
| C1H1 | 1.020 | 22.150.053,15 | 310.191 | 8,152 |
| C2H1 | 1.020 | 22.072.341,71 | 311.095 | 8,164 |
| C3H1 | 1.020 | 22.149.960,95 | 310.189 | 8,152 |
| C4H1 | 1.020 | 22.150.038,54 | 310.190 | 8,152 |
| C5H1 | 1.020 | 22.072.349,14 | 311.095 | 8,164 |

Como podemos observar na Tabela 74, a maior receita líquida foi de R\$ 22.150.053,15 obtida no cenário C1H1 (cujo objetivo era de maximizar a receita líquida) e no cenário C4H1 (cujo objetivo foi de atribuir um peso maior na maximização da receita líquida). A alocação máxima de mão-de-obra foi de 311.095 homens/dia ocorreu no cenário C2H1 (cujo objetivo era de maximizar a mão-de-obra) e no cenário C5H1 (cujo objetivo era de atribuir um peso maior na maximização de mão-de-obra em relação a maximização de receita líquida). As áreas máximas foram geradas em todos os cenários.

7.2.3 HIPÓTESE 2 - O incremento de 20% de mão-de-obra em relação ao manejo convencional para os cenários C1, C2, C3, C4 e C5.

7.2.3.1 O Cenário C1H2 – agricultura orgânica

Este cenário tem como objetivo maximizar a receita líquida na agricultura de manejo orgânico.

7.2.3.1.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C1H2

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 75 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C1H2.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 75, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluências foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.2.3.1.2 A agricultura irrigada no cenário C1H2

O Gráfico 55 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C1H2. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

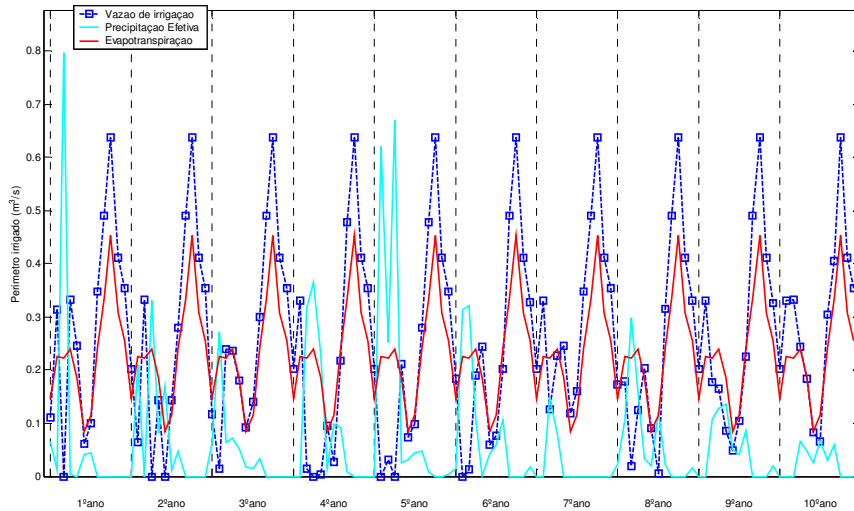


Gráfico 55 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C1H2.

No Gráfico 56 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

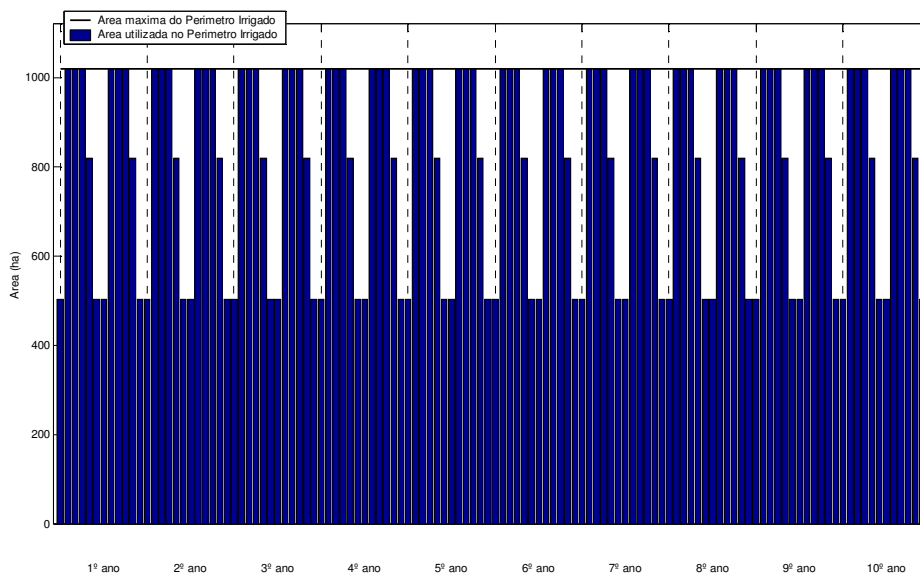


Gráfico 56 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C1H2.

A Tabela 76 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 76 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C1H2 (insumos/ano).

| <i>Culturas</i> | <i>Area Plant(ha)</i> | <i>Rec.Liq(R\$)</i> | <i>Mao-de-Obra(H/D)</i> | <i>QirrigCultura(hm3)</i> |
|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|
| cebola | 30,00 | 64.218,55 | 6.900 | 0,0089 |
| cebola entr | 30,00 | 104.044,23 | 6.899 | 0,0306 |
| feijao | 114,35 | 128.384,55 | 9.948 | 0,3056 |
| feijao entr | 114,36 | 201.461,85 | 9.949 | 0,6774 |
| alface | 32,70 | 302.344,70 | 5.853 | 0,0160 |
| goiaba | 50,00 | 328.249,37 | 6.350 | 0,4009 |
| alface entr | 32,70 | 390.457,19 | 5.853 | 0,0494 |
| mamao | 50,00 | 469.988,90 | 10.650 | 0,4841 |
| tomate | 138,95 | 573.448,81 | 57.803 | 0,2302 |
| repolho | 52,50 | 641.311,04 | 8.242 | 0,0270 |
| repolho entr | 52,50 | 795.086,69 | 8.242 | 0,0742 |
| tomate entr | 138,95 | 897.266,33 | 57.803 | 0,5557 |
| pimentao | 149,00 | 2.819.064,92 | 31.588 | 0,1333 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.473.526,70 | 31.588 | 0,3892 |
| limao | 50,00 | 4.671.197,23 | 6.500 | 0,4040 |
| banana | 352,50 | 5.652.145,07 | 84.952 | 4,3652 |
| TOTAL | 1.537,50 | 21.512.196,14 | 349.122 | 8,1516 |
| Sazonais Safra = | 517,50 | | | |
| Sazonais Entressafra = | 517,50 | | | |
| Frutas = | 502,50 | | | |
| Total Area Cultivada = | 1.020,00 | | | |

Como podemos observar na Tabela 76, a maximização da receita líquida teve como resultado: uma receita líquida de R\$ 21.512.196,14, uma alocação de mão-de-obra de 349.122.

Houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano, distribuídos anualmente com 517 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 517 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 503 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas da banana, limão, pimentão (safra e entressafra), tomate (safra e entressafra) e repolho (safra e entressafra) foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 57, temos a distribuição das culturas por área plantada.

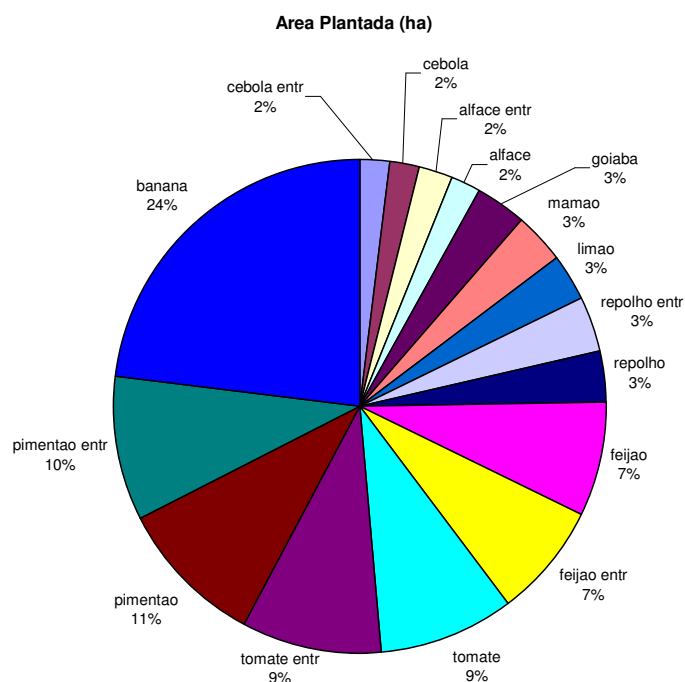


Gráfico 57 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 58, temos a distribuição por receita líquida em reais.

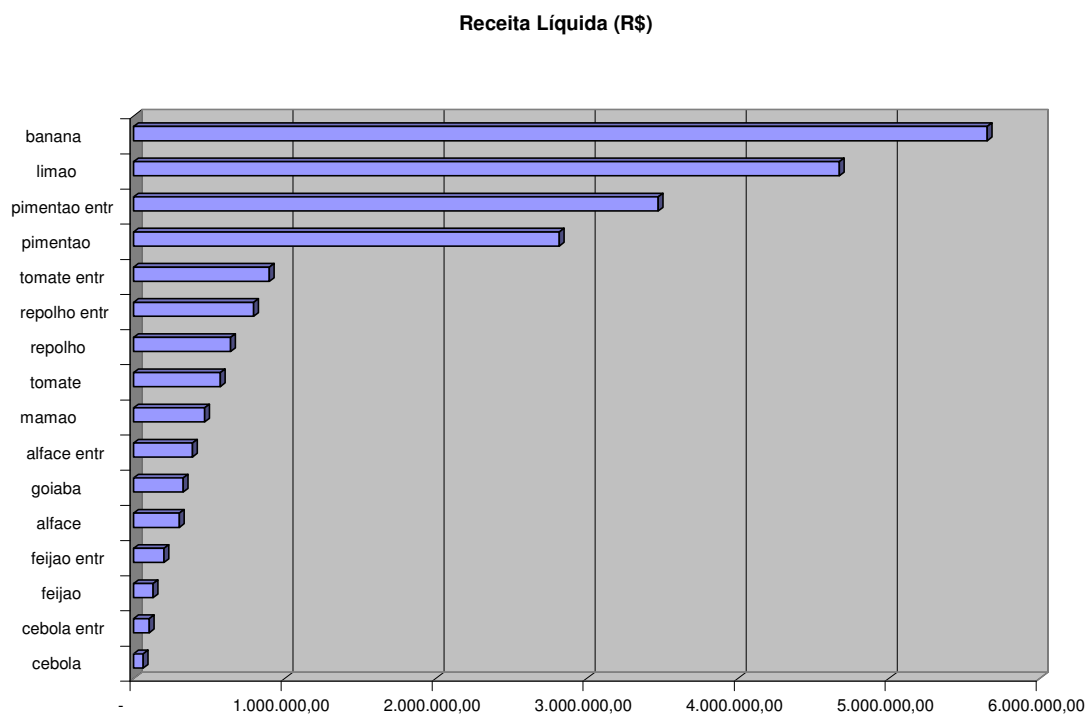


Gráfico 58 - Culturas com maior receita líquida.

7.2.3.1.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C1H2

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 77) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 77 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C1H2 .

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|----------|--------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,322114 | 0,7983 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 33% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,322114 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 71%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.2.3.2 O Cenário C2H2 – agricultura orgânica

Este cenário tem como objetivo maximizar a mão-de-obra na agricultura de manejo orgânico.

7.2.3.2.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C2H2

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 78 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C2H2.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7197 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 78, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foi perdida por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos

operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.2.3.2.2 A agricultura irrigada no cenário C2H2

O Gráfico 59 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C2H2. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

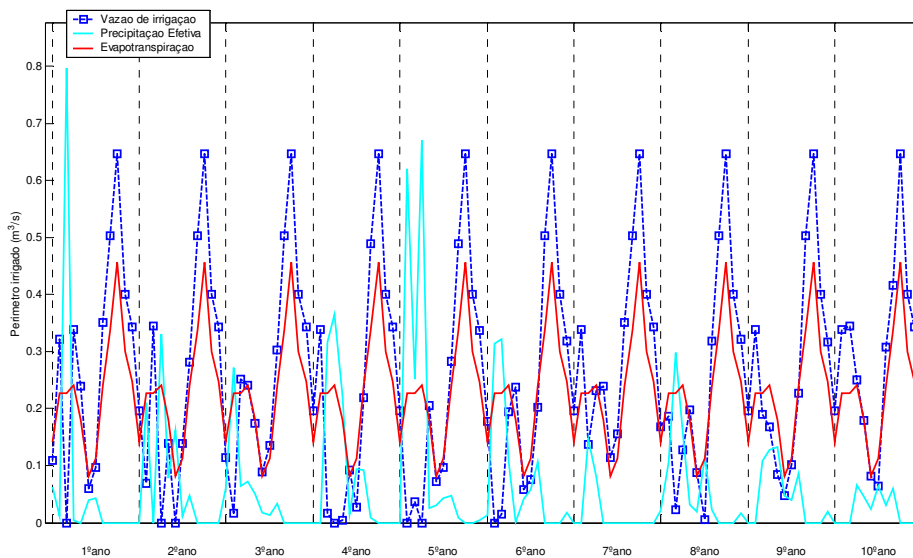


Gráfico 59 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C2H2.

No Gráfico 60 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

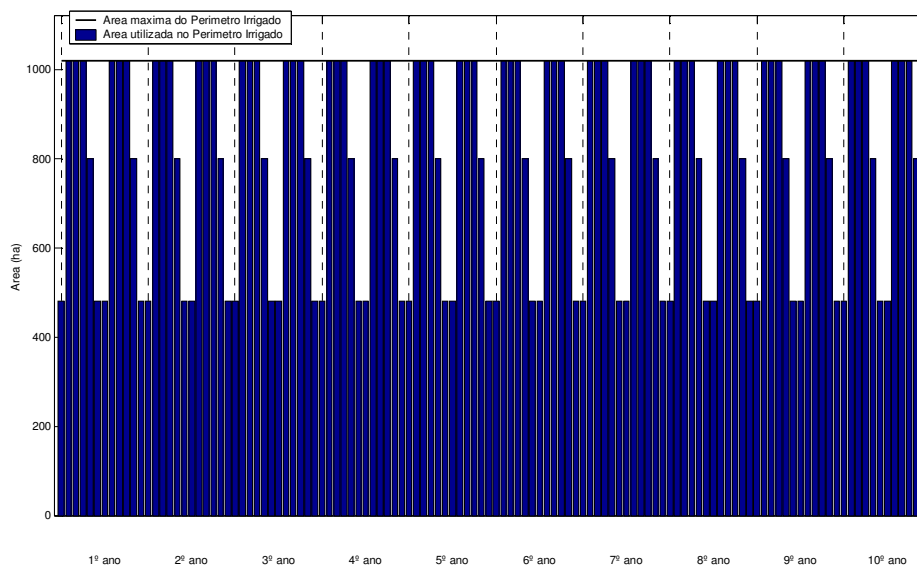


Gráfico 60 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C2H2.

A Tabela 79 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 79 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C2H2 (insumos/ano).

| <i>Culturas</i> | <i>Area Plant(ha)</i> | <i>Rec.Liq(R\$)</i> | <i>Mao-de-Obra(H/D)</i> | <i>QirrCultura(hm3)</i> |
|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| goiaba | 28,48 | 186.938,55 | 3.616 | 0,2283 |
| alface entr | 32,70 | 390.465,35 | 5.853 | 0,0494 |
| alface | 32,70 | 302.345,74 | 5.853 | 0,0160 |
| limao | 50,00 | 4.671.196,90 | 6.500 | 0,4040 |
| cebola | 30,00 | 64.218,85 | 6.900 | 0,0089 |
| cebola entr | 30,00 | 104.061,66 | 6.900 | 0,0306 |
| repolho | 52,50 | 641.311,73 | 8.242 | 0,0270 |
| repolho entr | 52,50 | 795.089,79 | 8.242 | 0,0742 |
| mamao | 50,00 | 469.989,53 | 10.650 | 0,4841 |
| feijao | 135,88 | 152.554,67 | 11.821 | 0,3631 |
| feijao entr | 135,88 | 239.371,23 | 11.821 | 0,8049 |
| pimentao | 149,00 | 2.819.065,62 | 31.588 | 0,1333 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.473.527,54 | 31.588 | 0,3892 |
| tomate | 138,95 | 573.451,25 | 57.803 | 0,2302 |
| tomate entr | 138,95 | 897.267,58 | 57.803 | 0,5557 |
| banana | 352,50 | 5.652.145,58 | 84.952 | 4,3652 |
| TOTAL | 1.559,03 | 21.433.001,57 | 350.135 | 8,1640 |
| Sazonais Safra = | 539,03 | | | |
| Sazonais Entressafra = | 539,03 | | | |
| Frutas = | 480,98 | | | |
| Total Area Cultivada = | 1.020,00 | | | |

Como podemos observar na Tabela 79, a maximização da mão-de-obra teve como resultado: uma receita líquida de R\$ 21.433.001,57 (um pouco menos que o cenário C1H2, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 350.135 (1.013 diárias a mais C1H2).

Houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano, distribuídos anualmente com 539 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 539 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 481 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas da banana, tomate (safra e entressafra) e pimentão (safra e entressafra) foram as que geraram mais mão-de-obra.

No Gráfico 61, temos a distribuição das culturas por área plantada.

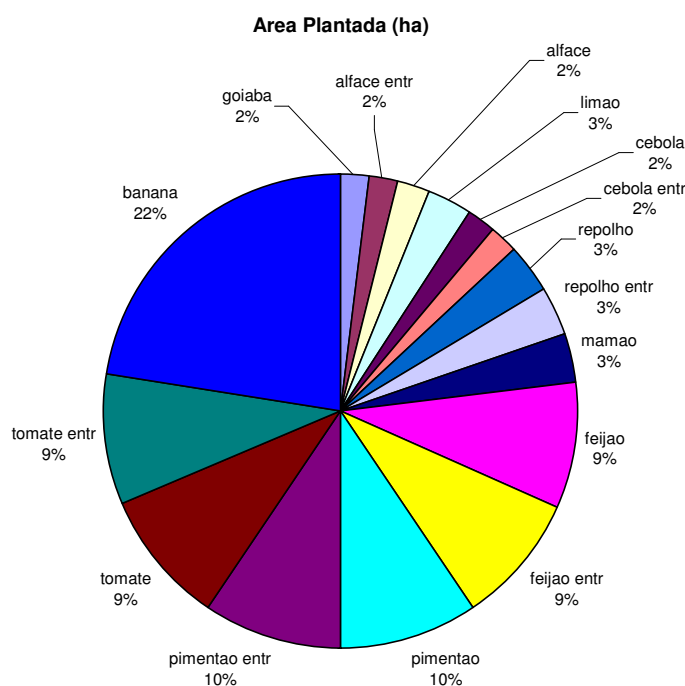


Gráfico 61 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 62, temos a alocação de mão-de-obra em homens/dia.

Mão-de-Obra Alocada (Homens/dia)

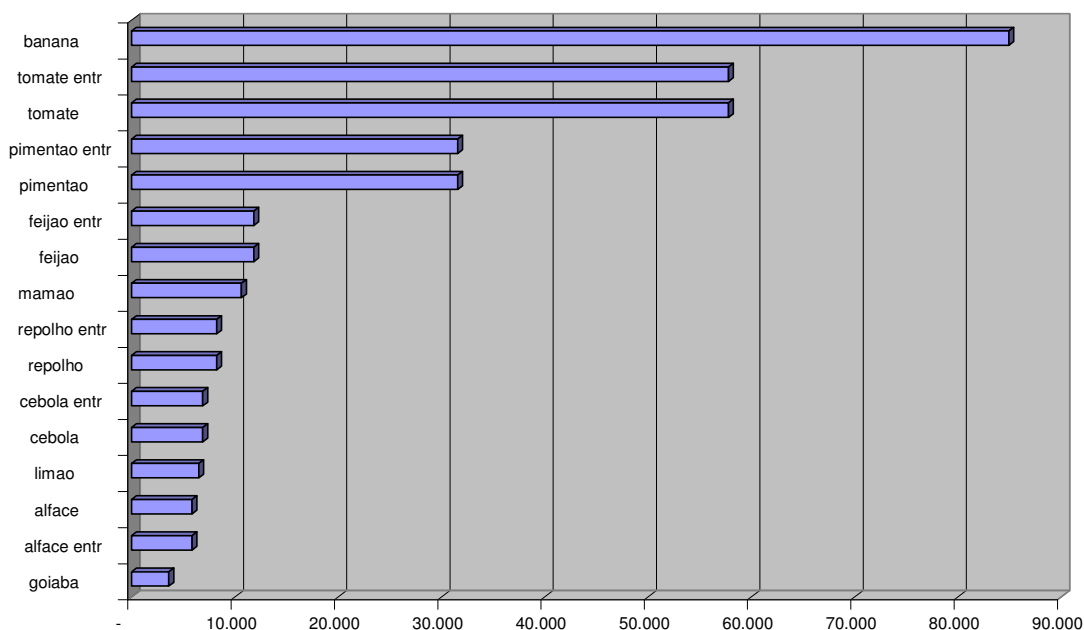


Gráfico 62 - Culturas com maior mão-de-obra.

7.2.3.2.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C2H2

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 80) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 80 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C2H2 .

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|----------|--------|
| 1,3397 | 1,4308 | 0,6989 | 0,326908 | 0,7877 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,326908 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 79%.

7.2.3.3 O Cenário C3H2 – agricultura orgânica

Este cenário tem como objetivo maximizar receita líquida e maximizar a mão-de-obra na agricultura de manejo orgânico.

7.2.3.3.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C3H2

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 81 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C3H2.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 81, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18 % de suas afluições foi perdida por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.2.3.3.2 A agricultura irrigada no cenário C3H2

O Gráfico 63 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C3H2. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

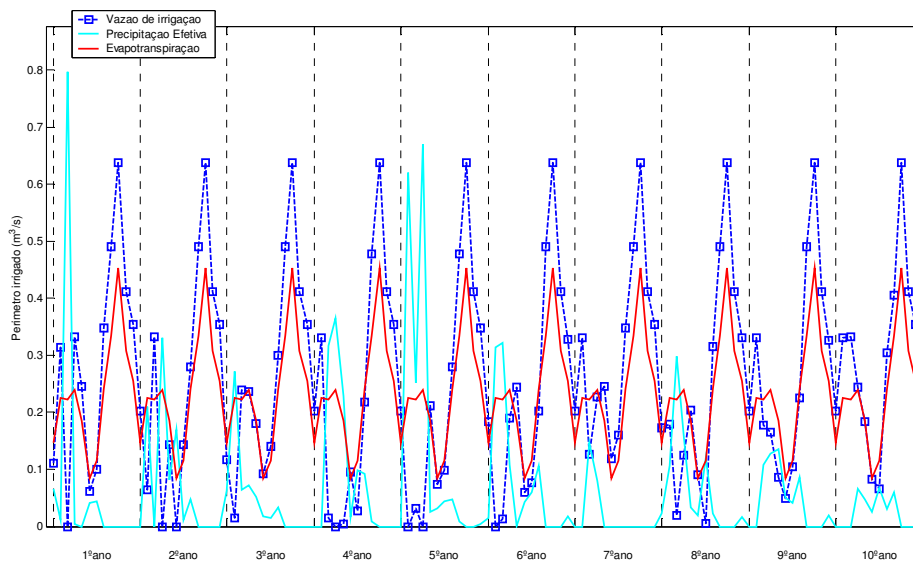


Gráfico 63 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C3H2.

No Gráfico 64 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

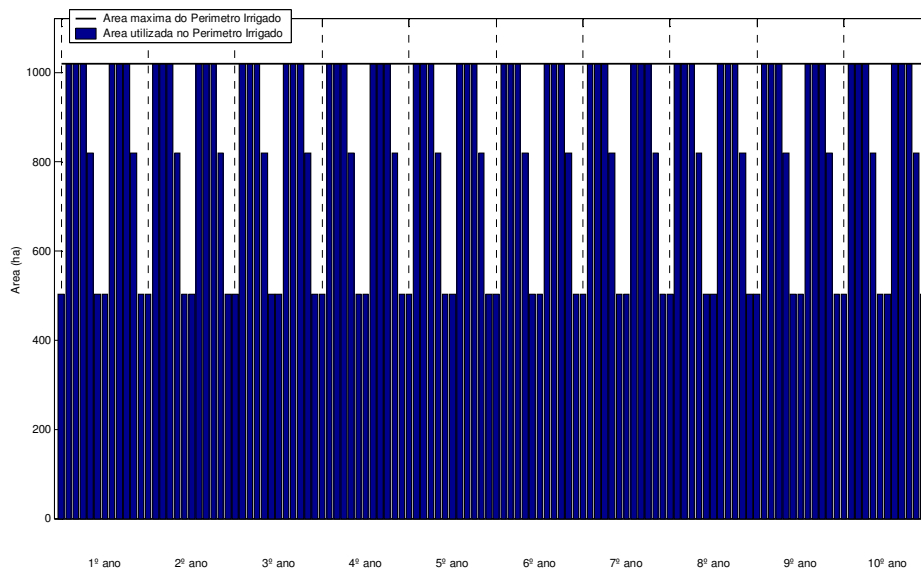


Gráfico 64 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C3H2.

A Tabela 82 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 82 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C3H2 (insumos/ano).

| <i>Culturas</i> | <i>Area Plant(ha)</i> | <i>Rec.Liq(R\$)</i> | <i>Mao-de-Obra(H/D)</i> | <i>QirrCultura(hm3)</i> |
|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| cebola | 30,00 | 64.218,24 | 6.900 | 0,0089 |
| cebola entr | 30,00 | 104.061,63 | 6.900 | 0,0306 |
| feijao | 114,35 | 128.386,41 | 9.948 | 0,3056 |
| feijao entr | 114,35 | 201.450,00 | 9.948 | 0,6774 |
| alface | 32,70 | 302.344,97 | 5.853 | 0,0160 |
| goiaba | 50,00 | 328.247,74 | 6.350 | 0,4009 |
| alface entr | 32,70 | 390.464,33 | 5.853 | 0,0494 |
| mamao | 50,00 | 469.988,75 | 10.650 | 0,4841 |
| tomate | 138,95 | 573.451,13 | 57.803 | 0,2302 |
| repolho | 52,50 | 641.310,13 | 8.242 | 0,0270 |
| repolho entr | 52,50 | 795.088,95 | 8.242 | 0,0742 |
| tomate entr | 138,95 | 897.267,45 | 57.803 | 0,5557 |
| pimentao | 149,00 | 2.819.064,99 | 31.588 | 0,1333 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.473.527,12 | 31.588 | 0,3892 |
| limao | 50,00 | 4.671.197,43 | 6.500 | 0,4040 |
| banana | 352,50 | 5.652.145,08 | 84.952 | 4,3652 |
| TOTAL | 1.537,50 | 21.512.214,37 | 349.123 | 8,1515 |
| Sazonais Safra = | 517,50 | | | |
| Sazonais Entressafra = | 517,50 | | | |
| Frutas = | 502,50 | | | |
| Total Area Cultivada = | 1.020,00 | | | |

Como podemos observar na Tabela 82, a maximização da receita líquida e a maximização da mão-de-obra tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 21.512.214,37 (quase igual ao cenário C1H2, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 349.123 (1.012 diárias a menos que o cenário C2H2, que maximiza mão-de-obra).

Houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano, distribuídos anualmente com 517 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 517 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 503 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas da banana, limão, pimentão (safra e entressafra), tomate (safra e entressafra) e repolho (safra e entressafra) foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 65, temos a distribuição das culturas por área plantada.

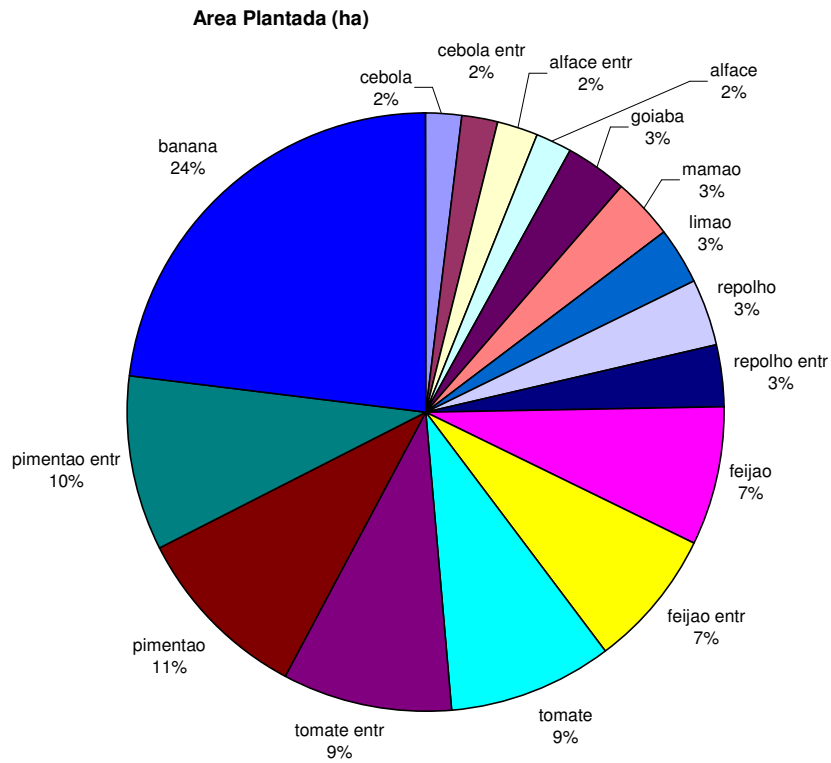


Gráfico 65 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 66, temos a distribuição por receita líquida em reais.

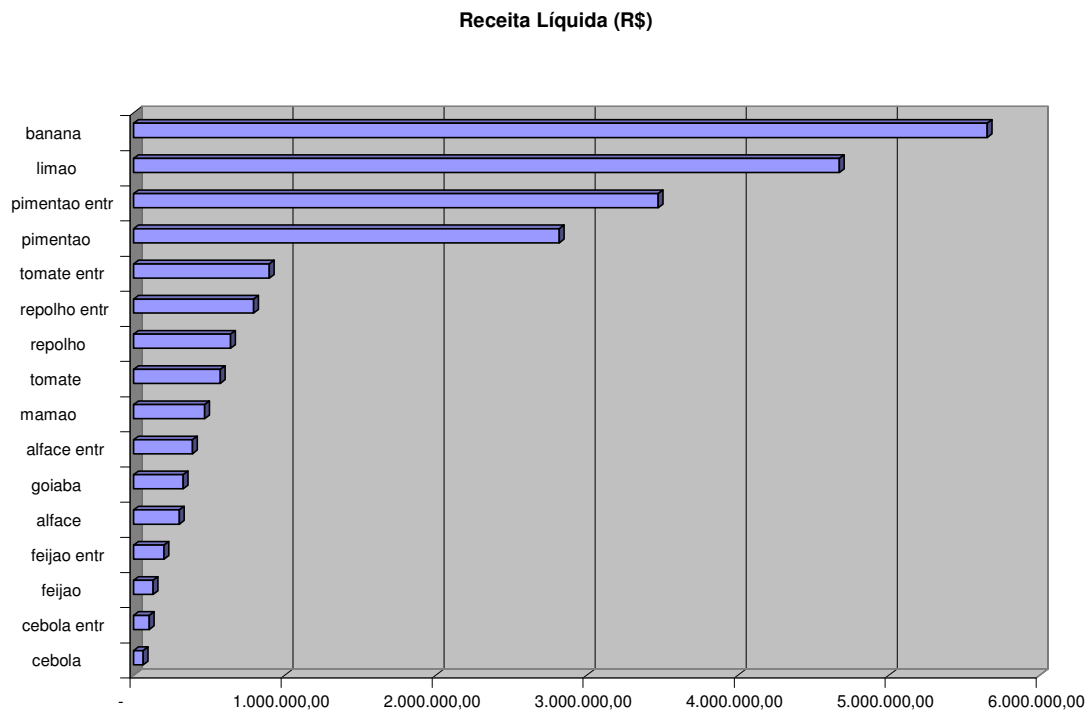


Gráfico 66 - Culturas com maior receita líquida.

7.2.3.3.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C3H2

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 83) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 83 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C3H2.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,322114 | 0,7983 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 33% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,322114 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 71%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.2.3.4 O Cenário C4H2 – agricultura orgânica

Este cenário tem como objetivo atribuir um peso maior para a maximização da receita líquida em relação a maximização da mão-de-obra na agricultura de manejo orgânico.

7.2.3.4.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C4H2

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 84 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C4H2.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 84, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.2.3.4.2 A agricultura irrigada no cenário C4H2

O Gráfico 67 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C4H2. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a

demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

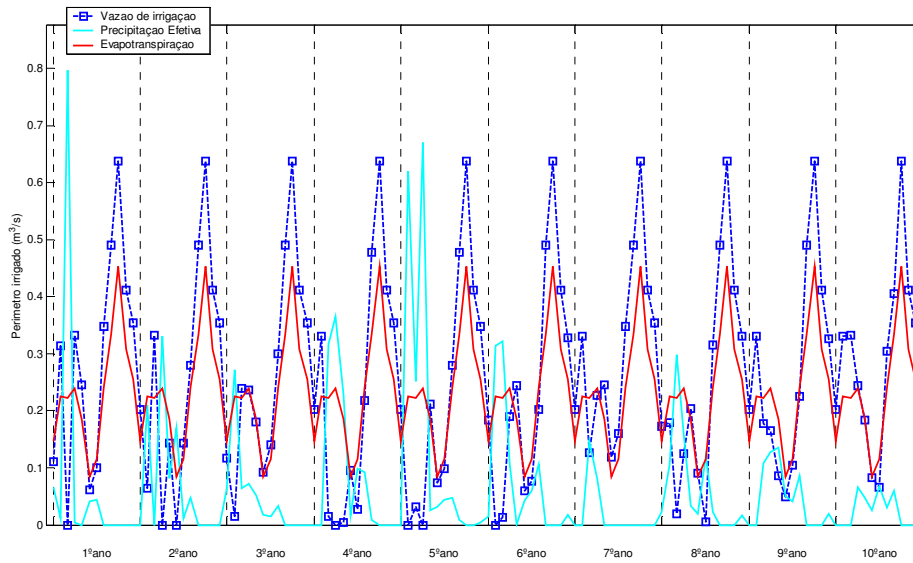


Gráfico 67 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C4H2.

No Gráfico 68 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

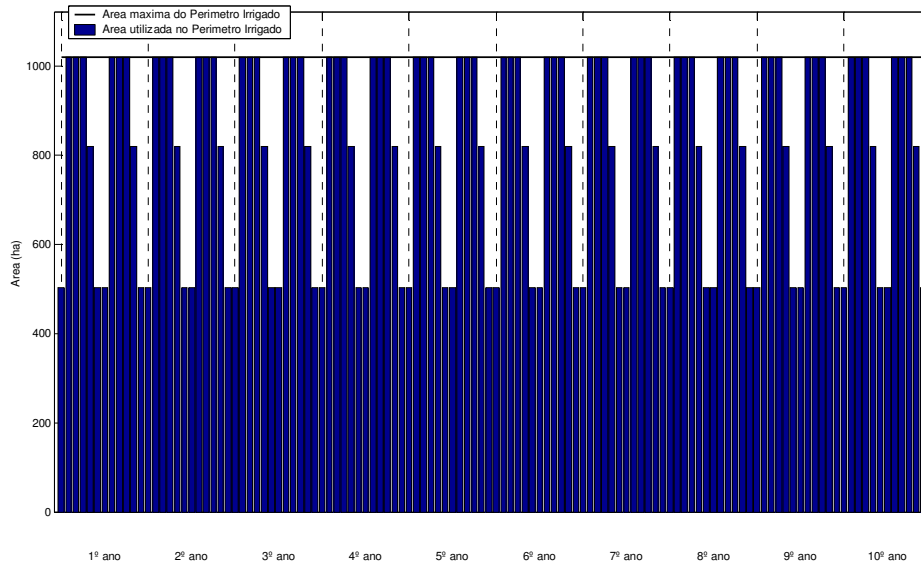


Gráfico 68 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C4H2.

A Tabela 85 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 85 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C4H2 (insumos/ano).

| <i>Culturas</i> | <i>Area Plant(ha)</i> | <i>Rec.Liq(R\$)</i> | <i>Mao-de-Obra(H/D)</i> | <i>QirrCultura(hm3)</i> |
|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| cebola | 30,00 | 64.208,22 | 6.899 | 0,0089 |
| cebola entr | 30,00 | 104.059,57 | 6.900 | 0,0306 |
| feijao | 114,35 | 128.390,61 | 9.949 | 0,3056 |
| feijao entr | 114,35 | 201.451,78 | 9.949 | 0,6774 |
| alface | 32,70 | 302.345,72 | 5.853 | 0,0160 |
| goiaba | 50,00 | 328.250,24 | 6.350 | 0,4009 |
| alface entr | 32,70 | 390.465,12 | 5.853 | 0,0494 |
| mamao | 50,00 | 469.989,33 | 10.650 | 0,4841 |
| tomate | 138,95 | 573.451,23 | 57.803 | 0,2302 |
| repolho | 52,50 | 641.311,70 | 8.242 | 0,0270 |
| repolho entr | 52,50 | 795.089,69 | 8.242 | 0,0742 |
| tomate entr | 138,95 | 897.267,57 | 57.803 | 0,5557 |
| pimentao | 149,00 | 2.819.065,57 | 31.588 | 0,1333 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.473.527,51 | 31.588 | 0,3892 |
| limao | 50,00 | 4.671.197,87 | 6.500 | 0,4040 |
| banana | 352,50 | 5.652.145,37 | 84.952 | 4,3652 |
| TOTAL | 1.537,50 | 21.512.217,12 | 349.122 | 8,1515 |
| Sazonais Safra = | 517,50 | | | |
| Sazonais Entressafra = | 517,50 | | | |
| Frutas = | 502,50 | | | |
| Total Area Cultivada = | 1.020,00 | | | |

Como podemos observar na Tabela 85, o peso maior atribuído para a maximização da receita líquida e o peso menor atribuído para a maximização da mão-de-obra tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 21.512.217,12 (quase igual ao cenário C1H2, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 349.122 (1.013 diárias a menos que o cenário C2H2, que maximiza mão-de-obra).

Houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano, distribuídos anualmente com 517 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 517 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 503 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas da banana, limão, pimentão (safra e entressafra), tomate (safra e entressafra) e repolho (safra e entressafra) foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 69, temos a distribuição das culturas por área plantada.

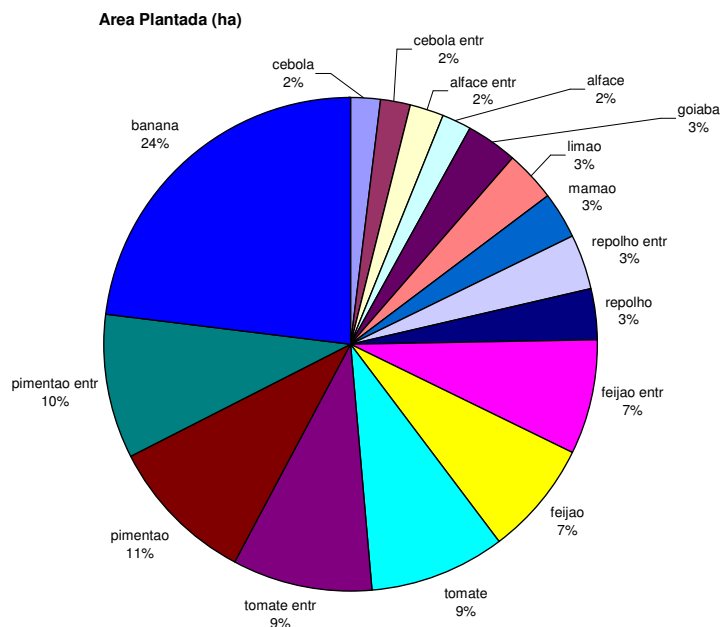


Gráfico 69 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 70, temos a receita líquida das culturas.

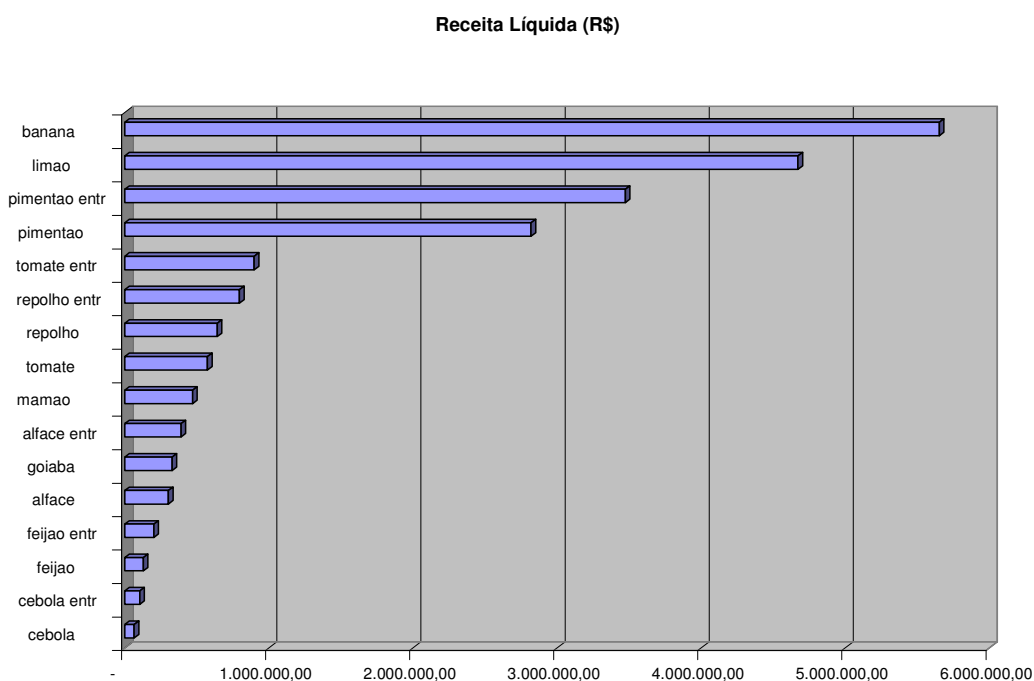


Gráfico 70 - Culturas com maior receita líquida.

7.2.3.4.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C4H2

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 86) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 86 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C4H2.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,322114 | 0,7983 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 33% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,322114 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 71%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.2.3.5 O Cenário C5H2 – agricultura orgânica

Este cenário tem como objetivo de atribuir um peso menor na maximização da receita líquida e um peso maior na maximização a mão-de-obra na agricultura de manejo orgânico.

7.2.3.5.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C5H2

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 87 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C5H2.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7197 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 87, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.2.3.5.2 A agricultura irrigada no cenário C5H2

O Gráfico 71 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C5H2. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a

demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

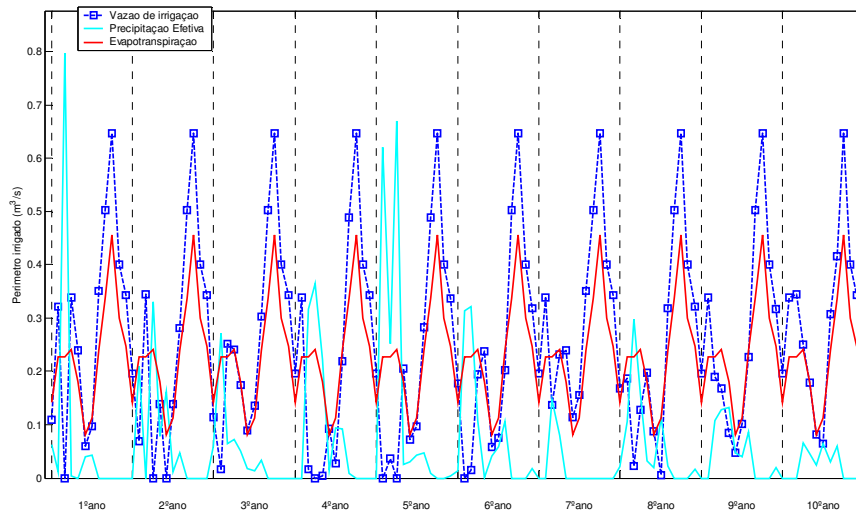


Gráfico 71 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C5H2.

No Gráfico 72 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

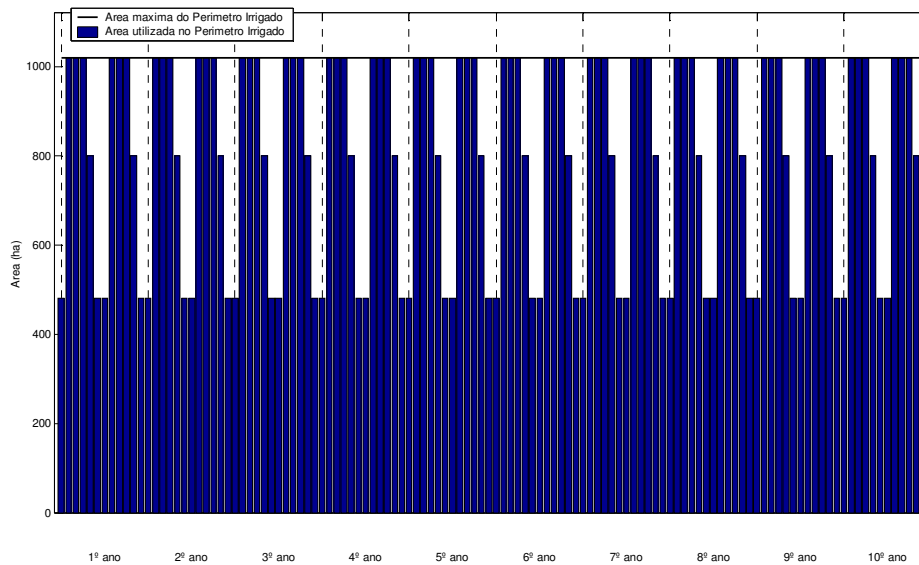


Gráfico 72 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C5H2.

A Tabela 88 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 88 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C5H2 (insumos/ano).

| <i>Culturas</i> | <i>Area Plant(ha)</i> | <i>Rec.Liq(R\$)</i> | <i>Mao-de-Obra(H/D)</i> | <i>QirrCultura(hm3)</i> |
|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| goiaba | 28,48 | 186.948,80 | 3.617 | 0,2283 |
| alface | 32,70 | 302.343,16 | 5.853 | 0,0160 |
| alface entr | 32,70 | 390.464,61 | 5.853 | 0,0494 |
| limao | 50,00 | 4.671.197,27 | 6.500 | 0,4040 |
| cebola entr | 30,00 | 104.060,61 | 6.900 | 0,0306 |
| cebola | 30,00 | 64.218,41 | 6.900 | 0,0089 |
| repolho entr | 52,50 | 795.081,52 | 8.242 | 0,0742 |
| repolho | 52,50 | 641.310,55 | 8.242 | 0,0270 |
| mamao | 50,00 | 469.989,47 | 10.650 | 0,4841 |
| feijao | 135,87 | 152.552,15 | 11.821 | 0,3631 |
| feijao entr | 135,87 | 239.368,88 | 11.821 | 0,8049 |
| pimentao | 149,00 | 2.819.063,86 | 31.588 | 0,1333 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.473.527,15 | 31.588 | 0,3892 |
| tomate | 138,95 | 573.451,17 | 57.803 | 0,2302 |
| tomate entr | 138,95 | 897.267,52 | 57.803 | 0,5557 |
| banana | 352,50 | 5.652.145,58 | 84.952 | 4,3652 |
| TOTAL | 1.559,02 | 21.432.990,71 | 350.135 | 8,1640 |
| Sazonais Safra = | 539,02 | | | |
| Sazonais Entressafra = | 539,02 | | | |
| Frutas = | 480,98 | | | |
| Total Area Cultivada = | 1.020,00 | | | |

Como podemos observar na Tabela 88, o peso menor atribuído para a maximização da receita líquida e o peso maior atribuído para a maximização da mão-de-obra tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 21.432.990,71 (quase igual ao cenário C1H2, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 350.135 (igual ao cenário C2H2, que maximiza mão-de-obra). Além de uma área cultivada de 1.020 ha (igual a área máxima do perímetro).

Houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano, distribuídos anualmente com 539 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 539 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 481 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas da banana, tomate (safra e entressafra) e pimentão (safra e entressafra) foram as que geraram maior mão-de-obra.

No Gráfico 73, temos a distribuição das culturas por área plantada.

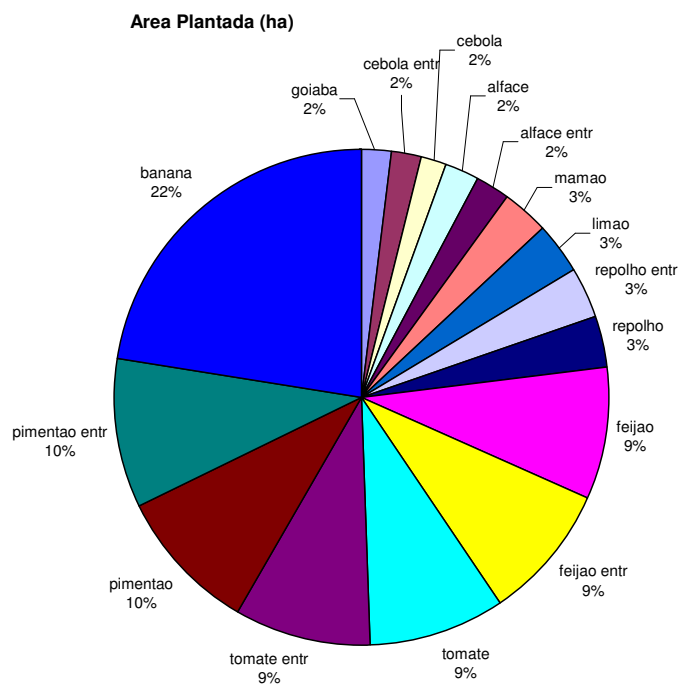


Gráfico 73 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 74, temos a alocação de mão-de-obra em homens/dia.

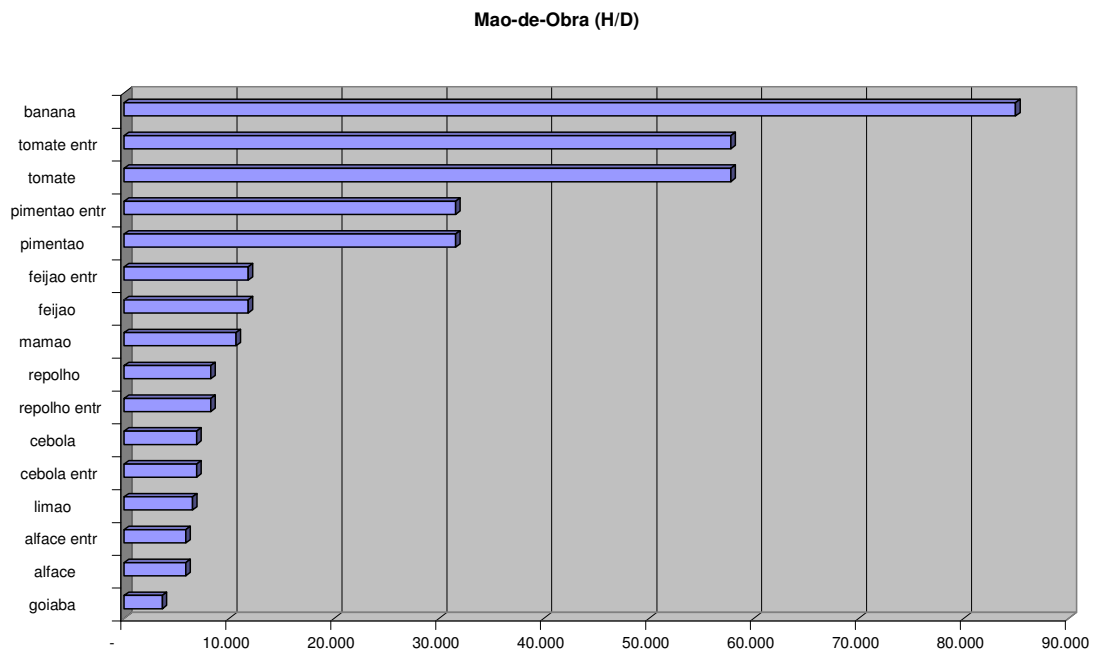


Gráfico 74 - Culturas com maior mão-de-obra.

7.2.3.5.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C5H2

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 89) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 89 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C5H2.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1,3397 | 1,4308 | 0,6989 | 0,326908 | 0,7877 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,326908 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 79%.

7.2.3.6 Resumo dos cenários da agricultura orgânica (incremento de 20% de mão-de-obra)

Na Tabela 90, temos um resumo dos totais gerais de cada cenário em relação a agricultura por cenários, área plantada (ha), receita líquida (R\$), mão-de-obra (homens/dia), e vazão para a cultura (QirrCultura em hm³).

Tabela 90 - Cenários da agricultura orgânica com 20% de incremento de mão de obra (Totais – Insumos/ano).

| Cenários | Area Plant(ha) | Rec.Liq(R\$) | Mao-de-Obra(H/D) | QirrCultura(hm ³) |
|----------|----------------|---------------|------------------|-------------------------------|
| C1H2 | 1.020,00 | 21.512.196,14 | 349.122 | 8,152 |
| C2H2 | 1.020,00 | 21.433.001,57 | 350.135 | 8,164 |
| C3H2 | 1.020,00 | 21.512.214,37 | 349.123 | 8,152 |
| C4H2 | 1.020,00 | 21.512.217,12 | 349.122 | 8,152 |
| C5H2 | 1.020,00 | 21.432.990,71 | 350.135 | 8,164 |

Como podemos observar na Tabela 90, a maior receita líquida foi de R\$ 21.512.217,12 obtida nos cenário C4H2 (cujo objetivo era de dar um peso maior a maximização da receita líquida em relação a maximização da mão-de-obra), tendo valores muito próximos também no cenário C1H2 (cujo objetivo era de maximizar a receita líquida) e no cenário C3H2 (cujo objetivo era de maximizar a receita líquida e a mão-de-obra) A alocação máxima de mão-de-obra foi de 350.135 homens/dia ocorreu nos cenários C2H2 (cujo objetivo era de maximizar a mão-de-obra) e no cenário C5H2 (cujo objetivo era de dar um peso maior a maximização de mão-de-obra em relação a maximização da receita líquida). As áreas máximas foram geradas em todos os cenários.

7.3 Resultados e análises da situação 3 – proposta integrada do manejo convencional e manejo orgânico simultâneo (mix de culturas)

7.3.1 O comportamento do reservatório

Em todos os cenários (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7), a demanda para abastecimento humano de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ foi atendida sem falhas. Os resultados dos indicadores de sustentabilidade foram os seguintes: Confiabilidade = 100%; Resiliência = 100%; Vulnerabilidade = 0%; e Sustentabilidade = 100%.

O comportamento do reservatório, ao longo dos meses, no período de 10 anos, após as retiradas de água para os diversos usos (abastecimento humano e irrigação) gerados pelo modelo para os cenários (C1,..., C7) foram bastante semelhantes, onde a variação do volume foi muito pequena (um volume médio de aproximadamente $370 \text{ hm}^3/\text{mês}$), conforme Gráfico 75.

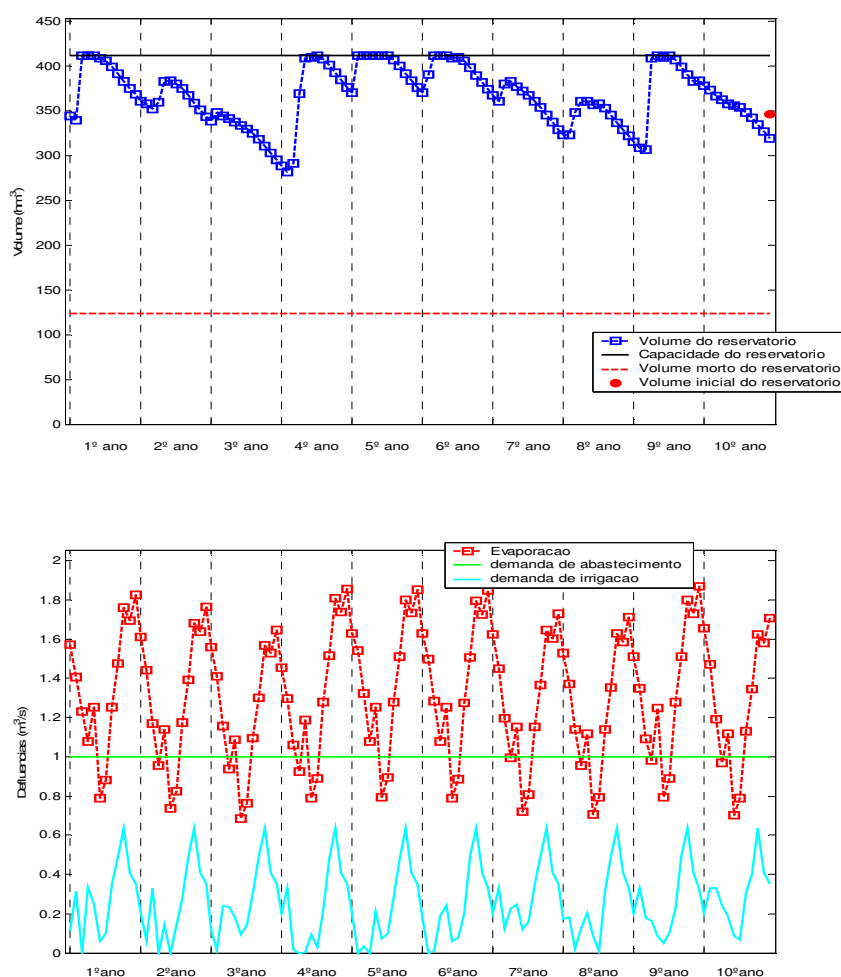


Gráfico 75 - (a e b) - Comportamento hídrico do reservatório Epitácio Pessoa.

De acordo com o Gráfico 75, a sustentabilidade hídrica foi atendida, pois o volume final ficou bem próximo ao volume inicial estabelecido. É possível observar que os menores valores ocorrem sempre no segundo semestre do ano, onde as afluências são bem menores. As maiores afluências ocorreram entre os meses de janeiro e abril. Não houve situações em que o volume da água no reservatório tenha ficado com valores baixos, o que é um aspecto favorável, pois se evita que a qualidade da água deteriore e torne-se inadequada ao consumo humano. Os picos de vazões defluentes ocorrem geralmente nos meses onde os volumes apresentam os menores valores. O volume vertido teve uma média alta ($12 \text{ hm}^3/\text{mês}$), com picos no 1º ano, no 5º ano, no 6º e 9º Ano, sendo a série estudada considerada uma série com altos valores de afluências (Gráfico 76).

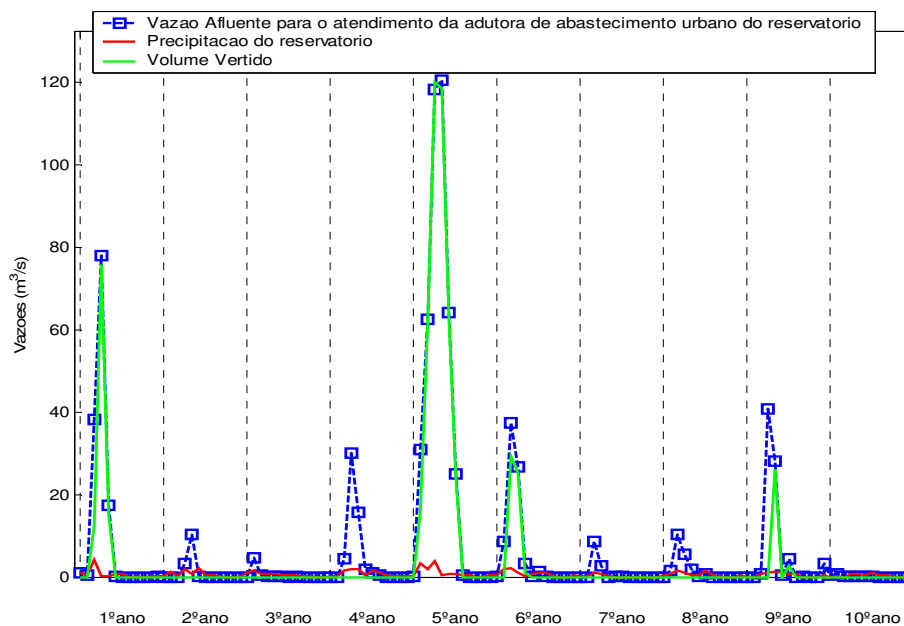


Gráfico 76 - Volume vertido, precipitação e vazão afluente no reservatório.

De uma maneira geral, verificou-se neste estudo, através das análises realizadas, que na situação 3 (proposta integrada do manejo convencional e manejo orgânico simultâneo (mix de culturas) - cenários C1 até C7), foram atendidas satisfatoriamente as demandas para abastecimento humano e irrigação.

No nosso estudo, vamos analisar apenas **duas hipóteses** no incremento da **mão-de-obra** em agricultura orgânica:

Hipótese 1 - O incremento de **0%** de **mão-de-obra** (igual a convencional) para os cenários C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7.

Hipótese 2 - O incremento de **20%** de **mão-de-obra** em relação ao manejo convencional para os cenários C1, C2, C3, C4 e C5, C6 e C7 (o valor de 20% foi determinado como uma média da revisão bibliográfica e de entrevistas com os agricultores).

7.3.2 HIPÓTESE 1: Incremento de 0% de mão-de-obra (igual a convencional) para os cenários C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7 no mix de culturas.

7.3.2.1 O Cenário C1H1 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)

Este cenário tem como objetivo maximizar a receita líquida.

7.3.2.1.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C1H1.

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 91 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C1H1.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 91, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto

foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.3.2.1.2 A agricultura irrigada no cenário C1H1

O Gráfico 77 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C1H1. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

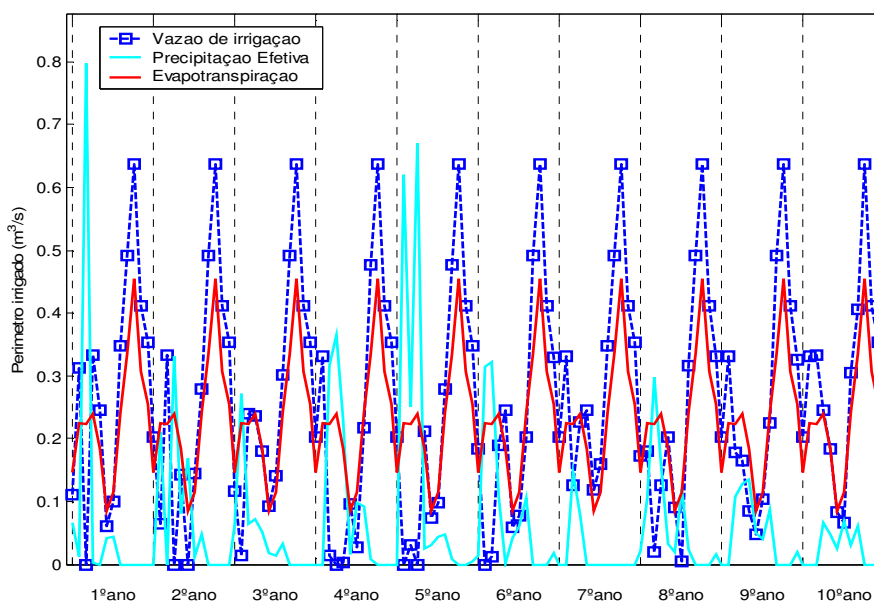


Gráfico 77 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C1H1.

No Gráfico 78 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

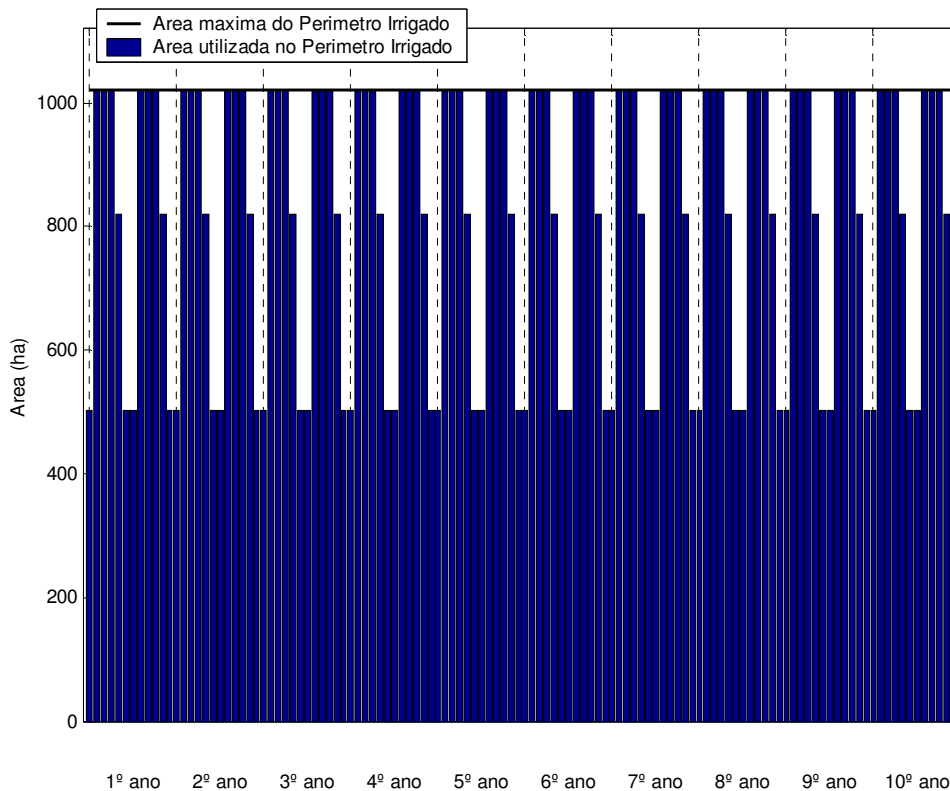


Gráfico 78 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C1H1.

Podemos ver na Tabela 92 que houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano (igual a área máxima do perímetro), distribuídos anualmente com 517 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 517 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 503 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas de manejo convencional ocuparam 667 ha (safra + entressafra + frutas) e as culturas de manejo orgânico ocuparam 859 ha (safra + entressafra + frutas). O total plantado com culturas orgânicas resultou em aproximadamente 29% a mais que o total plantado com culturas convencionais.

Tabela 92 - Áreas das Culturas do cenário C1H1.

**** MANEJO CONVENCIONAL – TOTAIS ****

| | |
|------------------------|--------|
| Sazonais Safra conv = | 228,61 |
| Sazonais Entres conv = | 288,21 |
| Frutas conv = | 150,75 |
| Area Efetiva CONV = | 438,96 |
| Area TOTAL CONV = | 667,57 |

**** MANEJO ORGANICO - TOTAIS ****

| | |
|-----------------------|--------|
| Sazonais Safra ORG = | 288,89 |
| Sazonais Entres ORG = | 229,29 |
| Frutas ORG = | 351,75 |
| Area Efetiva ORG = | 640,64 |
| Area TOTAL ORG = | 869,93 |

*** Totais Area Cultivada ***

| | |
|-------------------------|----------|
| Sazonais Safra = | 517,50 |
| Sazonais Entressafra = | 517,50 |
| Frutas = | 502,50 |
| Area Efetiva Plantada = | 1.020,00 |
| Area TOTAL GERAL = | 1.537,50 |

A Tabela 93 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 93 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C1H1 (insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------|----------------|------------------|---------------|---------------|--------------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Adubacao | Adub+Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm ³) |
| cebola | 9,00 | 13.867,81 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0027 |
| cebola entr | 9,00 | 27.035,80 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0092 |
| cebolaorg | 21,00 | 51.401,06 | 4.431 | - | - | - | 0,0062 |
| feijaoorg | 40,76 | 52.812,31 | 3.098 | - | - | - | 0,1089 |
| goiaba | 15,00 | 61.355,62 | 1.650 | 201,30 | 14,01 | 14,21 | 0,1203 |
| feijaoorg entr | 40,76 | 78.856,15 | 3.098 | - | - | - | 0,2415 |
| cebolaorg entr | 21,00 | 79.284,48 | 4.430 | - | - | - | 0,0214 |
| alfaceorg | 9,81 | 94.328,53 | 1.531 | - | - | - | 0,0048 |
| feijao | 73,59 | 99.976,58 | 5.593 | 367,93 | 34,29 | 34,66 | 0,1967 |
| mamao | 15,00 | 101.267,46 | 2.880 | 255,00 | 14,01 | 14,27 | 0,1452 |
| alfaceorg entr | 9,81 | 120.752,44 | 1.530 | - | - | - | 0,0148 |
| tomate | 41,69 | 136.913,44 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,069 |
| feijao entr | 73,59 | 154.418,83 | 5.593 | 367,95 | 34,29 | 34,66 | 0,4359 |
| repolhoorg | 15,75 | 196.203,84 | 2.237 | - | - | - | 0,0081 |
| alface | 22,89 | 221.286,93 | 3.571 | 160,22 | 21,38 | 21,54 | 0,0112 |
| goiabaorg | 35,00 | 239.406,81 | 3.850 | - | - | - | 0,2806 |
| repolhoorg entr | 15,75 | 242.309,33 | 2.237 | - | - | - | 0,0223 |
| tomate entr | 41,69 | 256.985,42 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,1667 |
| alface entr | 22,89 | 290.550,06 | 3.571 | 160,23 | 21,38 | 21,54 | 0,0346 |
| mamaoorg | 35,00 | 340.864,23 | 6.720 | - | - | - | 0,3388 |
| repolho | 36,75 | 458.968,24 | 5.218 | 146,99 | 42,88 | 43,03 | 0,0189 |
| tomateorg | 97,26 | 477.671,25 | 35.696 | - | - | - | 0,1611 |
| repolho entr | 36,75 | 585.934,56 | 5.218 | 147,00 | 42,89 | 43,03 | 0,0519 |
| tomateorg entr | 97,26 | 704.342,37 | 35.696 | - | - | - | 0,389 |
| pimentao | 44,70 | 857.933,41 | 8.583 | 1.564,57 | 62,58 | 64,15 | 0,04 |
| pimentaoorg ent | 44,70 | 1.056.365,40 | 8.582 | - | - | - | 0,1168 |
| limao | 15,00 | 1.306.796,98 | 1.695 | 122,55 | 14,01 | 14,13 | 0,1212 |
| banana | 105,75 | 1.498.909,03 | 22.525 | 740,25 | 74,03 | 74,77 | 1,3096 |
| pimentaoorg | 104,30 | 2.006.686,10 | 20.025 | - | - | - | 0,0933 |
| pimentao entr | 104,30 | 2.534.977,47 | 20.026 | 3.650,50 | 146,02 | 149,67 | 0,2724 |
| limaoorg | 35,00 | 3.279.693,21 | 3.955 | - | - | - | 0,2828 |
| bananaorg | 246,75 | 4.077.309,96 | 52.558 | - | - | - | 3,0556 |
| TOTAL | 1.537,50 | 21.705.465,14 | 310.191 | 10.351,47 | 651,09 | 661,44 | 8,1516 |

Como podemos observar na Tabela 93, a maximização da receita líquida teve como resultados: uma receita líquida de R\$ 21.705.441,33, uma alocação de mão-de-obra de 310.191 diárias e um uso de adubos e defensivos químicos de 661,44 toneladas.

As culturas da banana orgânica, limão orgânico, pimentão convencional entressafra, pimentão orgânico, banana convencional e limão convencional foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 79, temos a distribuição de culturas por área plantada.

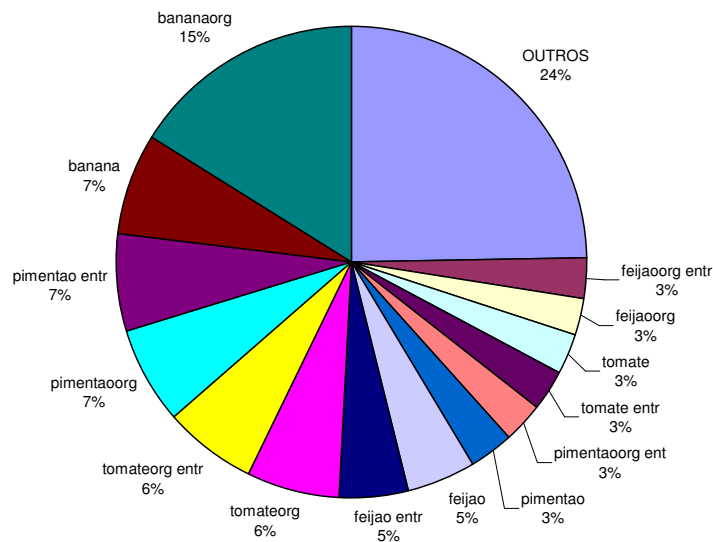


Gráfico 79 - Culturas alocadas por área plantada (ha).

No Gráfico 80, temos a distribuição por receita líquida em reais.

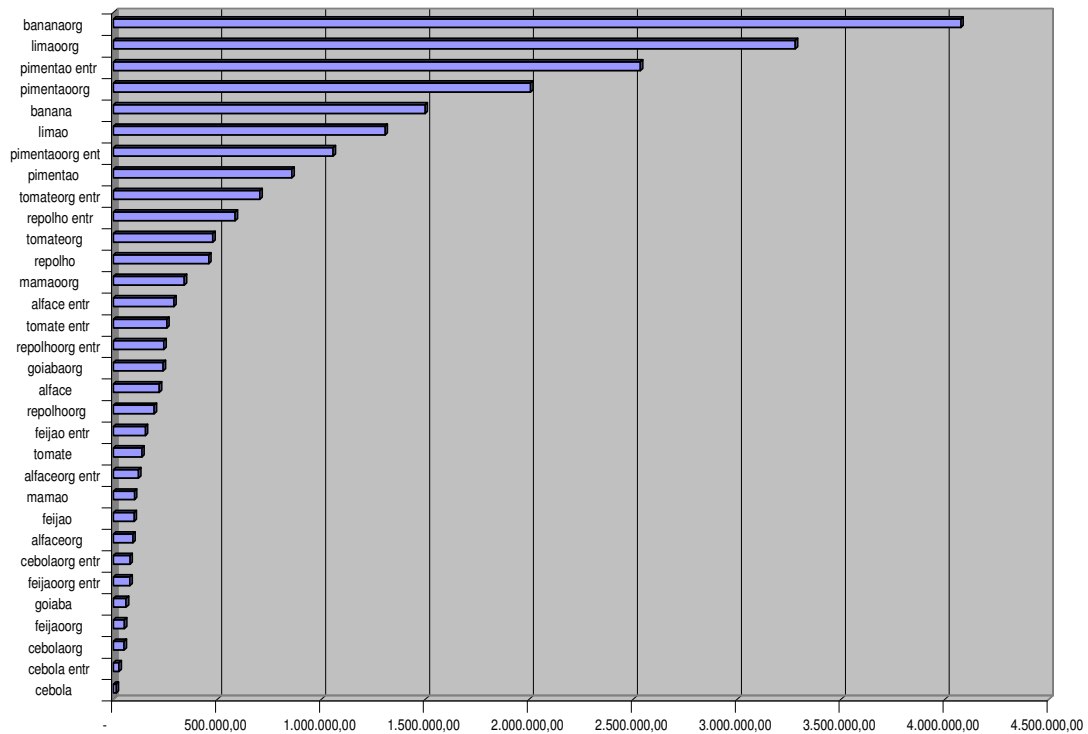


Gráfico 80 - Culturas com maior receita líquida (R\$).

7.3.2.1.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C1H1

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 94) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 94 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C1H1.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|-------------|--------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,322113468 | 0,7983 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 33% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,322114 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 71%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.3.2.2 O Cenário C2H1 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)

Este cenário tem como objetivo maximizar a mão-de-obra.

7.3.2.2.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C2H1.

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 95 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C2H1.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7197 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 95, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento

(η_v) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.3.2.2.2 A agricultura irrigada no cenário C2H1

O Gráfico 81 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C2H1. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

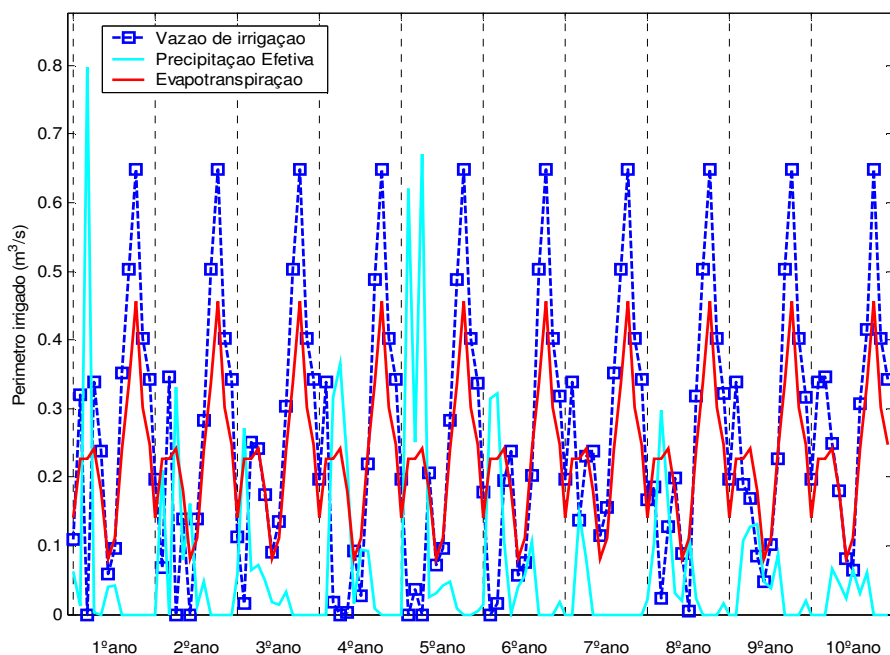


Gráfico 81 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C2H1.

No Gráfico 82 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

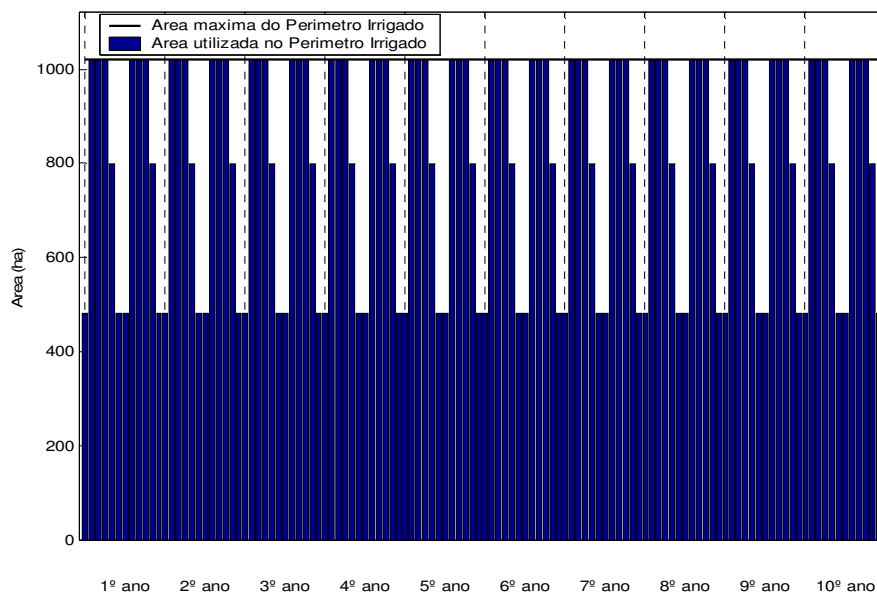


Gráfico 82 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C2H1.

Podemos ver na Tabela 96 que houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano (igual a área máxima do perímetro), distribuídos anualmente com 539 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 539 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 481 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

Tabela 96 - Áreas das Culturas do cenário C2H1.

**** MANEJO CONVENCIONAL - TOTAIS ****

| | |
|------------------------|--------|
| Sazonais Safra conv = | 271,79 |
| Sazonais Entres conv = | 271,90 |
| Frutas conv = | 236,69 |
| Area Efetiva CONV = | 508,59 |
| Area TOTAL CONV = | 780,39 |

**** MANEJO ORGANICO - TOTAIS ****

| | |
|-----------------------|--------|
| Sazonais Safra ORG = | 267,23 |
| Sazonais Entres ORG = | 267,13 |
| Frutas ORG = | 244,28 |
| Area Efetiva ORG = | 511,51 |
| Area TOTAL ORG = | 778,64 |

***Totais Area Cultivada ***

| | |
|-------------------------|----------|
| Sazonais Safra = | 539,02 |
| Sazonais Entressafra = | 539,02 |
| Frutas = | 480,98 |
| Area Efetiva Plantada = | 1.020,00 |
| Area TOTAL GERAL = | 1.559,02 |

As culturas de manejo convencional ocuparam 780 ha (safra + entressafra + frutas) e as culturas de manejo orgânico ocuparam 778 ha (safra + entressafra + frutas). O total plantado com culturas orgânicas ficou praticamente igual que o total plantado com culturas convencionais.

A Tabela 97 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 97 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C2H1 (insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------|----------------|------------------|---------------|---------------|--------------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Adubacao | Adub+Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm ³) |
| goiaba | 15,00 | 61.371,48 | 1.650 | 201,35 | 14,01 | 14,22 | 0,1203 |
| goiabaorg | 15,01 | 102.663,58 | 1.651 | - | - | - | 0,1203 |
| alfaceorg | 16,35 | 157.176,62 | 2.550 | - | - | - | 0,008 |
| alface entr | 16,35 | 207.535,48 | 2.551 | 114,45 | 15,27 | 15,39 | 0,0247 |
| alfaceorg entr | 16,35 | 201.251,15 | 2.551 | - | - | - | 0,0247 |
| alface | 16,35 | 158.085,55 | 2.551 | 114,46 | 15,27 | 15,39 | 0,008 |
| limaoorg | 24,01 | 2.250.313,26 | 2.714 | - | - | - | 0,194 |
| limao | 24,45 | 2.129.880,40 | 2.763 | 199,74 | 22,83 | 23,03 | 0,1975 |
| cebolaorg | 14,94 | 36.566,45 | 3.152 | - | - | - | 0,0044 |
| cebolaorg entr | 14,97 | 56.534,96 | 3.159 | - | - | - | 0,0153 |
| cebola entr | 15,03 | 45.141,66 | 3.171 | 180,33 | 10,52 | 10,70 | 0,0153 |
| cebola | 15,06 | 23.207,73 | 3.178 | 180,74 | 10,54 | 10,72 | 0,0045 |
| repolhoorg | 26,23 | 326.764,25 | 3.725 | - | - | - | 0,0135 |
| repolho entr | 26,24 | 418.431,09 | 3.727 | 104,98 | 30,63 | 30,73 | 0,0371 |
| repolhoorg entr | 26,26 | 403.936,44 | 3.728 | - | - | - | 0,0371 |
| repolho | 26,27 | 328.047,69 | 3.730 | 105,06 | 30,65 | 30,76 | 0,0135 |
| mamaoorg | 24,86 | 242.157,75 | 4.774 | - | - | - | 0,2407 |
| mamao | 25,14 | 169.691,57 | 4.826 | 427,30 | 23,48 | 23,90 | 0,2433 |
| feijaoorg | 67,92 | 87.992,79 | 5.162 | - | - | - | 0,1815 |
| feijaoorg entr | 67,92 | 131.399,92 | 5.162 | - | - | - | 0,4024 |
| feijao entr | 67,95 | 142.585,51 | 5.164 | 339,75 | 31,66 | 32,00 | 0,4025 |
| feijao | 67,96 | 92.327,68 | 5.165 | 339,78 | 31,67 | 32,01 | 0,1816 |
| pimentaorg ent | 73,26 | 1.731.310,95 | 14.066 | - | - | - | 0,1914 |
| pimentaorg | 73,29 | 1.410.093,78 | 14.072 | - | - | - | 0,0656 |
| pimentao | 75,71 | 1.453.050,72 | 14.536 | 2.649,85 | 105,99 | 108,64 | 0,0677 |
| pimentao entr | 75,74 | 1.840.826,17 | 14.542 | 2.650,88 | 106,04 | 108,69 | 0,1978 |
| tomateorg entr | 68,36 | 495.045,64 | 25.089 | - | - | - | 0,2734 |
| tomateorg | 68,50 | 336.407,19 | 25.140 | - | - | - | 0,1135 |
| tomate | 70,45 | 231.390,16 | 25.855 | 1.902,14 | 98,63 | 100,53 | 0,1167 |
| tomate entr | 70,59 | 435.166,96 | 25.906 | 1.905,86 | 98,82 | 100,73 | 0,2823 |
| banana | 172,11 | 2.439.443,04 | 36.659 | 1.204,74 | 120,47 | 121,68 | 2,1313 |
| bananaorg | 180,39 | 2.980.840,66 | 38.424 | - | - | - | 2,2339 |
| TOTAL | 1.559,02 | 21.126.638,27 | 311.091 | 12.621,41 | 766,50 | 779,12 | 8,1639 |

Como podemos observar na Tabela 97, a maximização a mão-de-obra teve como resultados: uma receita líquida de R\$ 21.126.638,27 (R\$ 578.826,86 a menos que o cenário C1H1, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 311.091 (899,99 diárias a mais que o cenário C1H1) e um uso de adubos e defensivos químicos de 779,12 toneladas (17% a mais que o cenário C1H1).

As culturas da banana (convencional e orgânica), tomate orgânica (safra e entressafra), tomate convencional (safra e entressafra), pimentão orgânico

(safra e entressafra) e pimentão convencional (safra e entressafra) foram os que geraram maior mão-de-obra.

No Gráfico 83, temos a distribuição das culturas por área plantada.

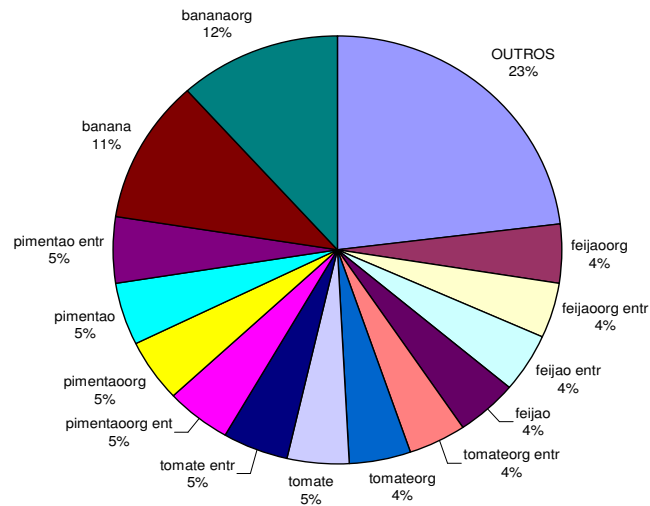


Gráfico 83 - Culturas alocadas por área plantada em ha.

No Gráfico 84, temos a distribuição de mão-de-obra em homens/dia.

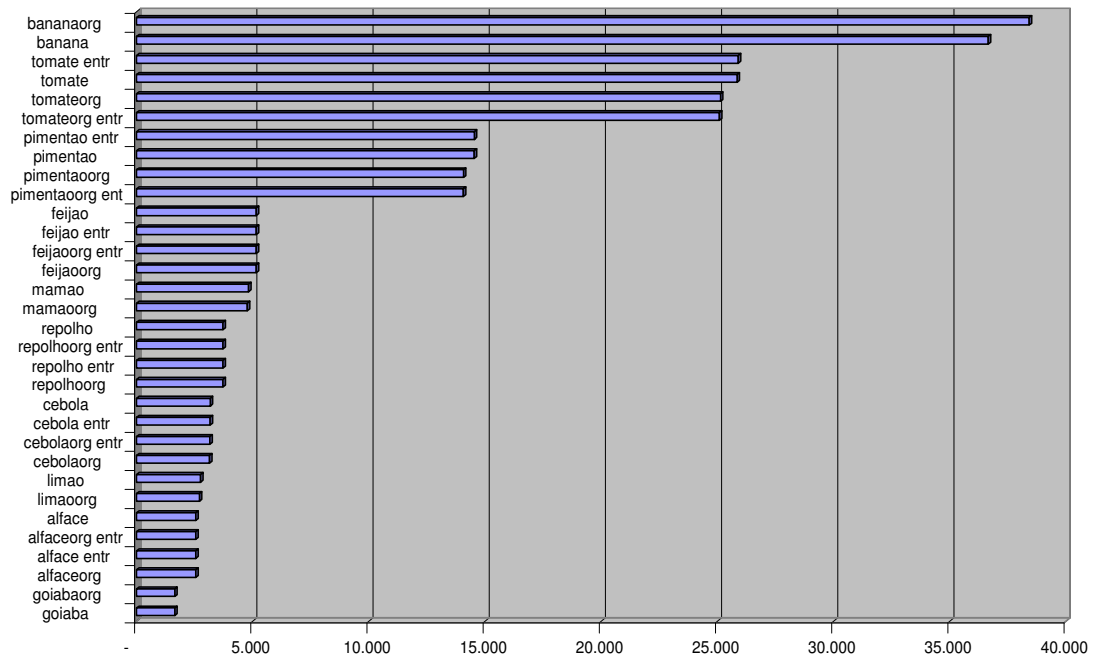


Gráfico 84 - Culturas com maior mão-de-obra (Homens/Dia).

7.3.2.2.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C2H1

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 98) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 98 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C2H1.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|----------|--------|
| 1,3397 | 1,4308 | 0,6989 | 0,326908 | 0,7877 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,326908 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 79%.

7.3.2.3 O Cenário C3H1 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)

Este cenário tem como objetivo minimizar o uso de adubação e defensivos químicos.

7.3.2.3.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C3H1.

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 99 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C3H1.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|
| -0,0077 | 0,1787 | 0,0789 | 0,683 | 0 | 0,146 | 0,2172 | 0,6722 | 0,146 |

Como podemos observar na Tabela 99, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento

(η_v) foi bastante alto nesta série com 68% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 15% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 22% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 67% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 15% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.3.2.3.2 A agricultura irrigada no cenário C3H1

O Gráfico 85 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C3H1. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

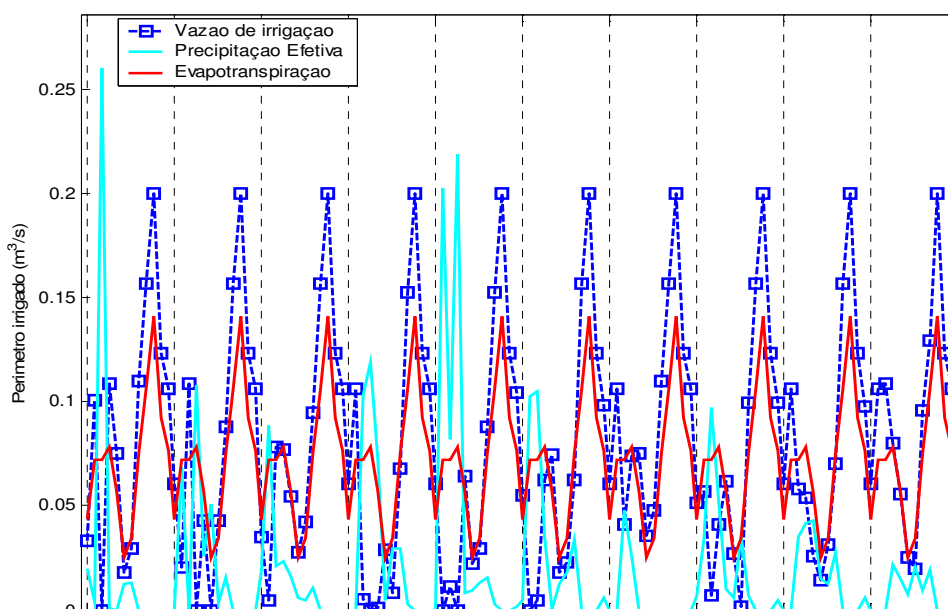


Gráfico 85 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C3H1.

No Gráfico 86 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

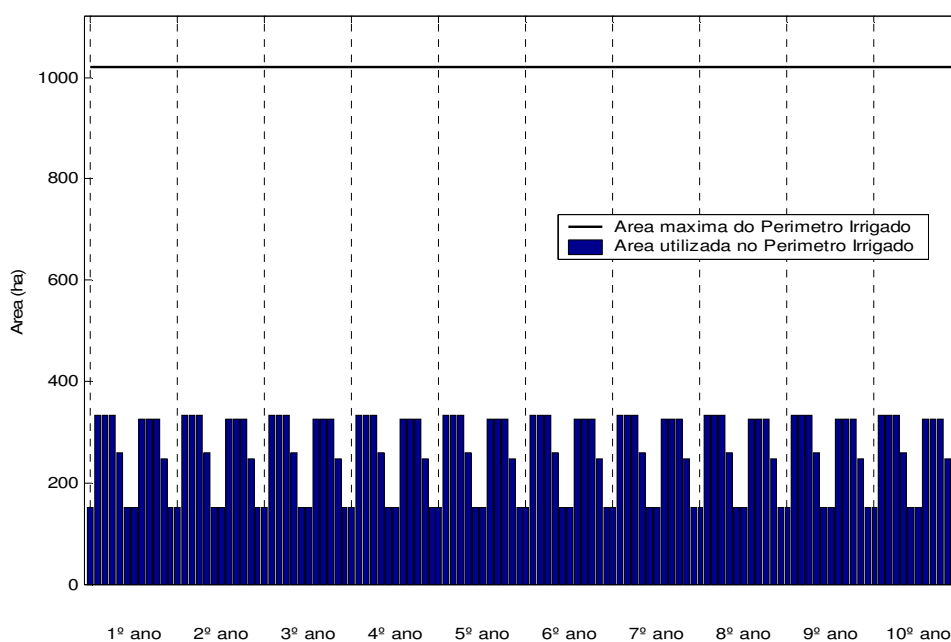


Gráfico 86 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C3H1.

Podemos ver na Tabela 100 que houve uma área cultivada total de 638 ha por ano (62% da área máxima do perímetro), distribuídos anualmente com 336 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 329 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 302 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

Tabela 100 - Áreas das Culturas do cenário C3H1.

**** MANEJO CONVENCIONAL - TOTAIS ****

| | |
|------------------------|---|
| Sazonais Safra conv = | - |
| Sazonais Entres conv = | - |
| Frutas conv = | - |
| Area Efetiva CONV = | - |
| Area TOTAL CONV = | - |

**** MANEJO ORGANICO - TOTAIS ****

| | |
|-----------------------|--------|
| Sazonais Safra ORG = | 182,46 |
| Sazonais Entres ORG = | 175,86 |
| Frutas ORG = | 150,75 |
| Area Efetiva ORG = | 333,21 |
| Area TOTAL ORG = | 509,07 |

***Totais Area Cultivada ***

| | |
|-------------------------|--------|
| Sazonais Safra = | 182,46 |
| Sazonais Entressafra = | 175,86 |
| Frutas = | 150,75 |
| Area Efetiva Plantada = | 333,21 |
| Area TOTAL GERAL = | 509,07 |

Devido ao caráter multiobjetivo, as culturas manejo convencional não foram alocadas. O total plantado com culturas orgânicas ficou 509 ha.

A Tabela 101 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 101 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C3H1 (insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|---------------|---------------------|---------------|------------|----------|----------|--------------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Adubacao | Adub+Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm ³) |
| tomate | - | - | - | - | - | - | - |
| pimentao | - | - | - | - | - | - | - |
| feijao | - | - | - | - | - | - | - |
| repolho | - | - | - | - | - | - | - |
| alface | - | - | - | - | - | - | - |
| cebola | - | - | - | - | - | - | - |
| tomate entr | - | - | - | - | - | - | - |
| pimentao entr | - | - | - | - | - | - | - |
| feijao entr | - | - | - | - | - | - | - |
| repolho entr | - | - | - | - | - | - | - |
| alface entr | - | - | - | - | - | - | - |
| cebola entr | - | - | - | - | - | - | - |
| banana | - | - | - | - | - | - | - |
| mamao | - | - | - | - | - | - | - |
| limao | - | - | - | - | - | - | - |
| goiaba | - | - | - | - | - | - | - |
| cebolaorg entr | 9,00 | 33.983,32 | 1.899 | - | - | - | 0,01 |
| cebolaorg | 9,17 | 22.444,62 | 1.935 | - | - | - | 0,00 |
| alfaceorg entr | 9,81 | 120.750,42 | 1.530 | - | - | - | 0,01 |
| alfaceorg | 12,44 | 119.556,64 | 1.940 | - | - | - | 0,01 |
| mamaoorg | 15,00 | 146.084,87 | 2.880 | - | - | - | 0,15 |
| limaoorg | 15,00 | 1.405.583,48 | 1.695 | - | - | - | 0,12 |
| goiabaorg | 15,00 | 102.603,09 | 1.650 | - | - | - | 0,12 |
| repolhoorg | 19,81 | 246.680,08 | 2.812 | - | - | - | 0,01 |
| repolhoorg entr | 29,47 | 453.367,80 | 4.185 | - | - | - | 0,04 |
| feijaoorg | 40,76 | 52.810,17 | 3.098 | - | - | - | 0,11 |
| feijaoorg entr | 40,76 | 78.855,13 | 3.098 | - | - | - | 0,24 |
| tomateorg entr | 41,69 | 301.861,33 | 15.298 | - | - | - | 0,17 |
| tomateorg | 41,69 | 204.719,71 | 15.299 | - | - | - | 0,07 |
| pimentaorg ent | 45,14 | 1.066.653,43 | 8.666 | - | - | - | 0,12 |
| pimentaorg | 58,60 | 1.127.402,97 | 11.251 | - | - | - | 0,05 |
| bananaorg | 105,75 | 1.747.418,89 | 22.525 | - | - | - | 1,31 |
| TOTAL | 509,07 | 7.230.775,94 | 99.760 | - | - | - | 2,54 |

Como podemos observar na Tabela 101, a minimização de adubação e defensivos químicos tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 7.230.775,94 (representando aproximadamente 33% do total do cenário C1H1, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 99.760 (aproximadamente 32% do total cenário C2H1 – que maximiza mão-de-obra) e um uso de adubos e defensivos químicos igual a zero.

As culturas da banana orgânica, pimentão orgânico (safra e entressafra) e tomate orgânico (safra e entressafra) foram as mais plantadas.

No Gráfico 87, temos a distribuição das culturas por área plantada.

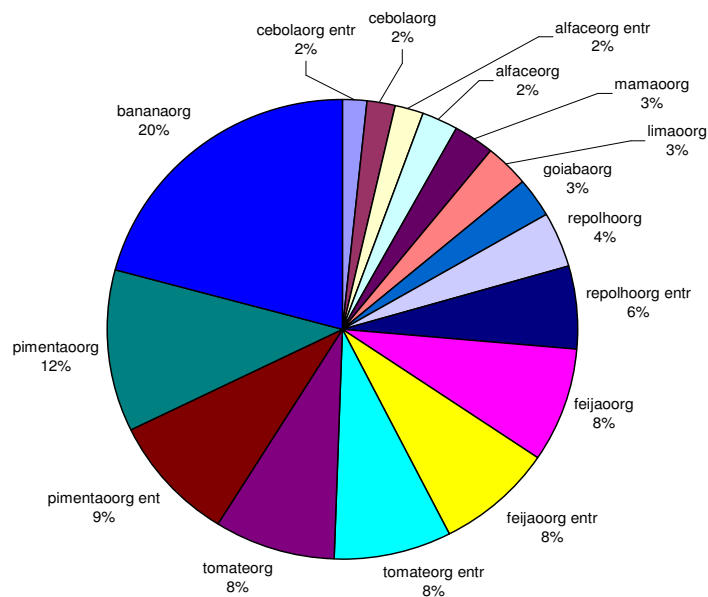


Gráfico 87 - Culturas alocadas por área plantada em ha.

7.3.2.3.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C3H1

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 102) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RCG, FMA e CUI.

Tabela 102 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C3H1.

| FRA | FRI | RCG | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|-------------|--------|
| 1,3345 | 1,4267 | 0,7009 | 0,317056836 | 0,2524 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,317056836 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 25%.

7.3.2.4 O Cenário C4H1 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)

Este cenário tem como objetivo maximizar a receita líquida e maximizar a mão-de-obra.

7.3.2.4.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C4H1.

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 103 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C4H1.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 103, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.3.2.4.2 A agricultura irrigada no cenário C4H1

O Gráfico 88 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C4H1. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a

demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

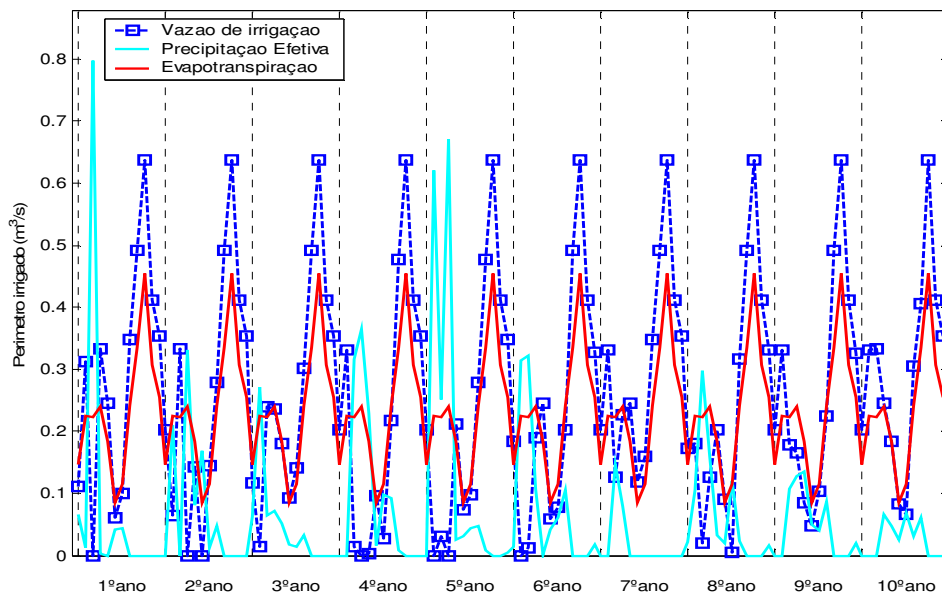


Gráfico 88 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C4H1.

No Gráfico 89 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

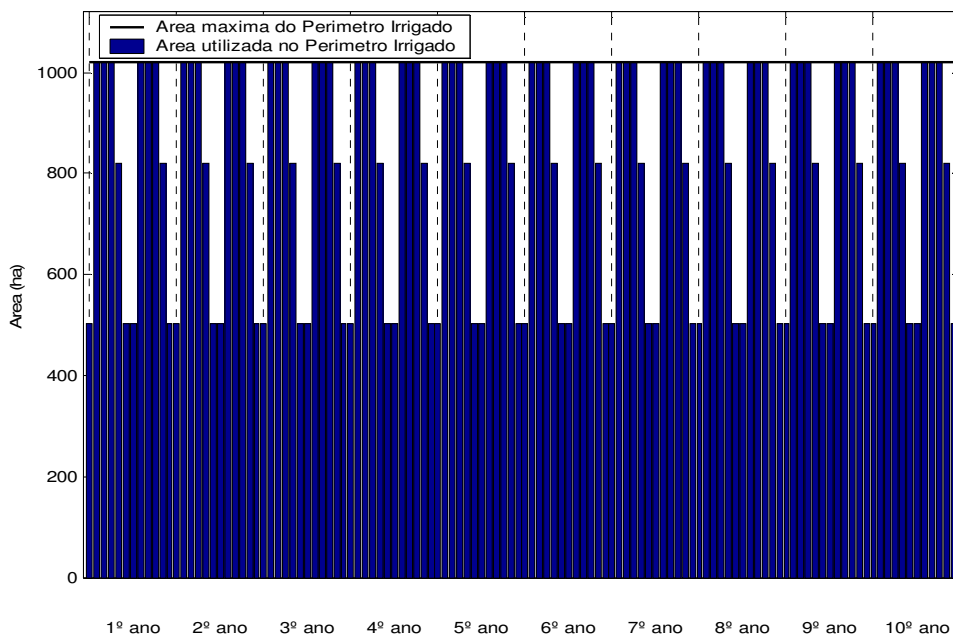


Gráfico 89 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C4H1.

Podemos ver na Tabela 104 que houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano (igual a área máxima do perímetro), distribuídos anualmente com 518 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 518 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 502 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

Tabela 104 - Áreas das Culturas do cenário C4H1

**** MANEJO CONVENCIONAL - TOTAIS ****

| | |
|------------------------|--------|
| Sazonais Safra conv = | 254,72 |
| Sazonais Entres conv = | 348,61 |
| Frutas conv = | 0,00 |
| Area Efetiva CONV = | 348,61 |
| Area TOTAL CONV = | 603,33 |

**** MANEJO ORGANICO - TOTAIS ****

| | |
|-----------------------|--------|
| Sazonais Safra ORG = | 262,84 |
| Sazonais Entres ORG = | 168,95 |
| Frutas ORG = | 502,44 |
| Area Efetiva ORG = | 765,28 |
| Area TOTAL ORG = | 934,23 |

***Totais Area Cultivada ***

| | |
|-------------------------|----------|
| Sazonais Safra = | 517,56 |
| Sazonais Entressafra = | 517,56 |
| Frutas = | 502,44 |
| Area Efetiva Plantada = | 1.020,00 |
| Area TOTAL GERAL = | 1.537,56 |

As culturas de manejo convencional ocuparam 603 ha (safra + entressafra + frutas) e as culturas de manejo orgânico ocuparam 934 ha (safra + entressafra + frutas). O total plantado com culturas orgânicas resultou em aproximadamente 54% a mais que o total plantado com culturas convencionais.

A Tabela 105 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 105 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C4H1 (insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|--------------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Adubacao | Adub+Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm ³) |
| limao | - | 2,80 | 0 | 0,00 | - | - | 0 |
| tomate | 0,00 | 0,43 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| banana | 0,00 | 1,22 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| mamao | 0,00 | 0,43 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| goiaba | 0,00 | 0,38 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| cebola | 0,00 | 0,36 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| tomate entr | 0,00 | 1,22 | 0 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| cebola entr | 0,00 | 0,80 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| pimentaorg ent | 0,00 | 7,57 | 0 | - | - | - | 0 |
| repolhoorg entr | 0,00 | 5,89 | 0 | - | - | - | 0 |
| alfaceorg entr | 0,00 | 6,85 | 0 | - | - | - | 0 |
| feijaoorg entr | 0,00 | 1,33 | 0 | - | - | - | 0 |
| feijaoorg | 0,00 | 2,39 | 0 | - | - | - | 0 |
| alfaceorg | 0,00 | 38,18 | 1 | - | - | - | 0 |
| repolhoorg | 0,01 | 78,53 | 1 | - | - | - | 0 |
| cebolaorg entr | 30,00 | 113.276,55 | 6.330 | - | - | - | 0,0306 |
| cebolaorg | 30,00 | 73.434,25 | 6.330 | - | - | - | 0,0089 |
| alface | 32,70 | 316.107,01 | 5.101 | 228,87 | 30,54 | 30,77 | 0,016 |
| alface entr | 32,70 | 415.068,54 | 5.101 | 228,90 | 30,54 | 30,77 | 0,0494 |
| goiabaorg | 49,94 | 341.578,47 | 5.493 | - | - | - | 0,4004 |
| mamaoorg | 50,00 | 486.948,71 | 9.600 | - | - | - | 0,4841 |
| limaoorg | 50,00 | 4.685.274,85 | 5.650 | - | - | - | 0,404 |
| repolho | 52,49 | 655.633,67 | 7.454 | 209,97 | 61,26 | 61,47 | 0,027 |
| repolho entr | 52,50 | 837.046,84 | 7.455 | 210,00 | 61,27 | 61,48 | 0,0742 |
| pimentao | 55,12 | 1.057.872,53 | 10.583 | 1.929,18 | 77,17 | 79,10 | 0,0493 |
| pimentaorg | 93,88 | 1.806.251,55 | 18.025 | - | - | - | 0,084 |
| feijao | 114,41 | 155.441,75 | 8.695 | 572,05 | 53,32 | 53,89 | 0,3058 |
| feijao entr | 114,41 | 240.078,18 | 8.695 | 572,06 | 53,32 | 53,89 | 0,6777 |
| tomateorg entr | 138,95 | 1.006.202,92 | 50.995 | - | - | - | 0,5557 |
| tomateorg | 138,95 | 682.387,39 | 50.995 | - | - | - | 0,2302 |
| pimentao entr | 149,00 | 3.621.393,25 | 28.608 | 5.214,99 | 208,60 | 213,81 | 0,3892 |
| bananaorg | 352,50 | 5.824.727,96 | 75.082 | - | - | - | 4,3652 |
| TOTAL | 1.537,56 | 22.318.872,78 | 310.194 | 9.166,04 | 576,01 | 585,17 | 8,1516 |

Como podemos observar na Tabela 105, a maximização da receita líquida e a maximização da mão-de-obra tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 22.318.872,78 (quase igual ao cenário C1H1, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra 310.194 (1% a menos que o cenário C2H1, que maximiza mão-de-obra) e um uso de adubos e defensivos químicos de 585,17 toneladas (aproximadamente 83% do total do C2H1, onde é usado uma maior quantidade de adubos e defensivos químicos).

As culturas da banana orgânica, pimentão convencional (safra e entressafra), pimentão orgânico (safra e entressafra) e tomate orgânico (safra e entressafra) foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 90, temos a distribuição das culturas por área plantada.

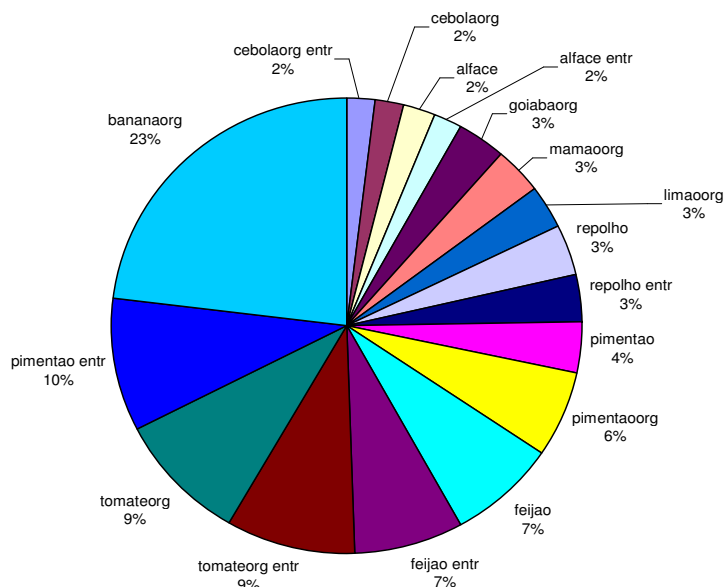


Gráfico 90 - Culturas alocadas por área plantada em ha.

No Gráfico 91, temos a distribuição por receita líquida em reais.

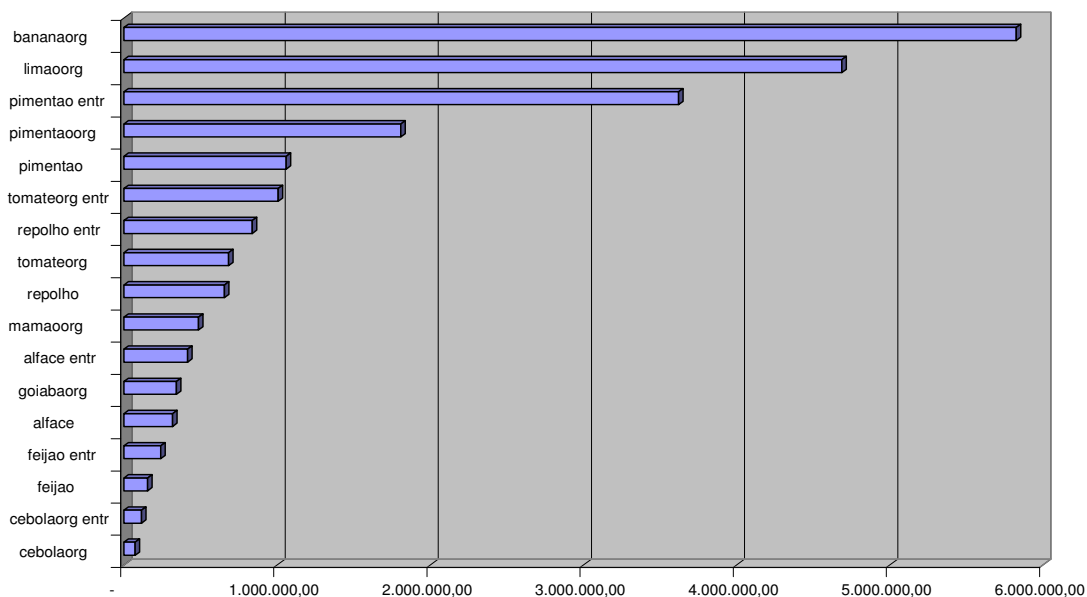


Gráfico 91 - Culturas com maior receita líquida.

7.3.2.4.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C4H1

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 106) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 106 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C4H1.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|---------|--------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,32211 | 0,7983 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 33% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,32211 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 71%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.3.2.5 O Cenário C5H1 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)

Este cenário tem como objetivo maximizar a receita líquida e minimizar o uso de adubação e defensivos químicos.

7.3.2.5.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C5H1.

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 107 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C5H1.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 107, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos

operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.3.2.5.2 A agricultura irrigada no cenário C5H1

O Gráfico 92 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C5H1. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

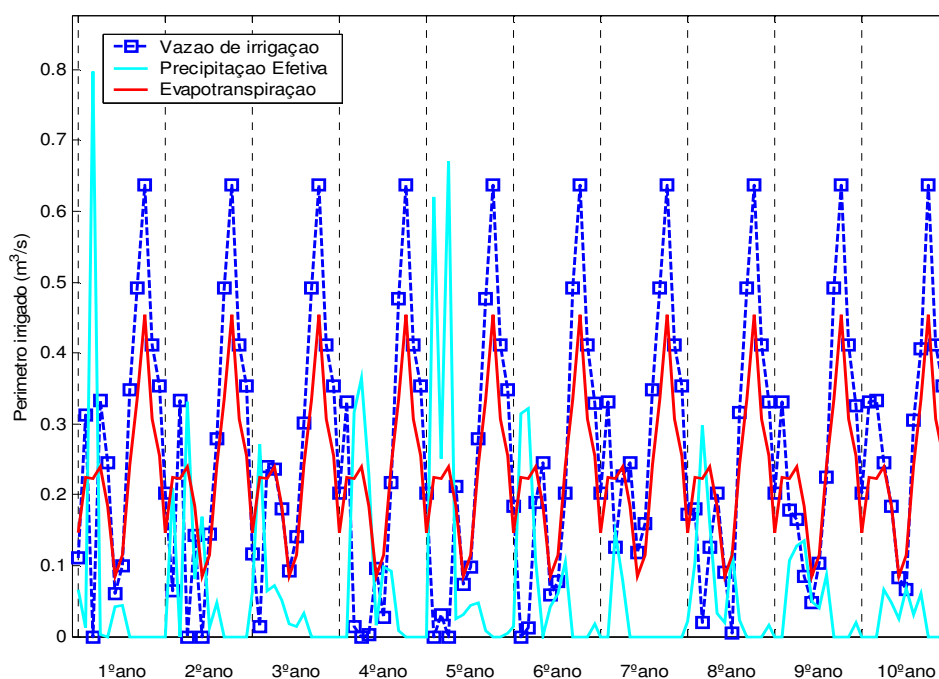


Gráfico 92 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C5H1.

No Gráfico 93 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

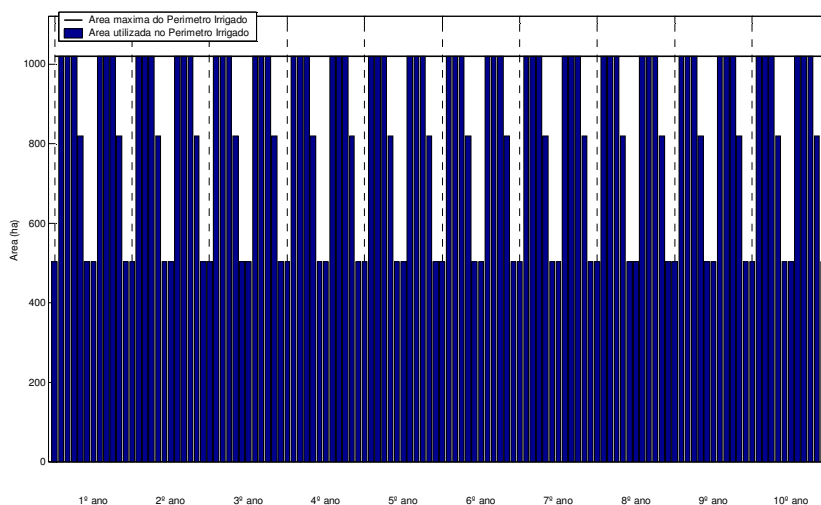


Gráfico 93 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C5H1.

Podemos ver na Tabela 108 que houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano (igual a área máxima do perímetro), distribuídos anualmente com 517 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 517 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 503 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

Tabela 108 - Áreas das Culturas do cenário C5H1.

**** MANEJO CONVENCIONAL - TOTAIS ****

| | |
|------------------------|--------|
| Sazonais Safra conv = | 161,71 |
| Sazonais Entres conv = | 161,71 |
| Frutas conv = | 150,75 |
| Area Efetiva CONV = | 312,46 |
| Area TOTAL CONV = | 474,17 |

**** MANEJO ORGANICO - TOTAIS ****

| | |
|-----------------------|----------|
| Sazonais Safra ORG = | 355,79 |
| Sazonais Entres ORG = | 355,79 |
| Frutas ORG = | 351,75 |
| Area Efetiva ORG = | 707,54 |
| Area TOTAL ORG = | 1.063,34 |

***Totais Area Cultivada ***

| | |
|-------------------------|----------|
| Sazonais Safra = | 517,50 |
| Sazonais Entressafra = | 517,50 |
| Frutas = | 502,50 |
| Area Efetiva Plantada = | 1.020,00 |
| Area TOTAL GERAL = | 1.537,50 |

As culturas de manejo convencional ocuparam 474 ha (safra + entressafra + frutas) e as culturas de manejo orgânico ocuparam 1.063 ha (safra + entressafra + frutas). O total plantado com culturas orgânicas resultou em aproximadamente 2,2 vezes a mais que o total plantado com culturas convencionais.

A Tabela 109 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 109 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C5H1 (insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Adubacao | Adub+Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm3) |
| cebola | 9,00 | 13.867,63 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,00 |
| cebola entr | 9,00 | 27.035,48 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,01 |
| alface | 9,81 | 94.843,64 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,00 |
| alface entr | 9,81 | 124.522,71 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,01 |
| mamao | 15,00 | 101.267,26 | 2.880 | 255,00 | 14,01 | 14,27 | 0,15 |
| limao | 15,00 | 1.306.795,80 | 1.695 | 122,55 | 14,01 | 14,13 | 0,12 |
| goiaba | 15,00 | 61.355,49 | 1.650 | 201,30 | 14,01 | 14,21 | 0,12 |
| repolho | 15,75 | 196.713,75 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,01 |
| repolho entr | 15,75 | 251.115,91 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,02 |
| cebolaorg entr | 21,00 | 79.294,16 | 4.431 | - | - | - | 0,02 |
| cebolaorg | 21,00 | 51.404,39 | 4.431 | - | - | - | 0,01 |
| alfaceorg | 22,89 | 220.065,53 | 3.571 | - | - | - | 0,01 |
| alfaceorg entr | 22,89 | 281.749,27 | 3.571 | - | - | - | 0,03 |
| mamaoorg | 35,00 | 340.864,67 | 6.720 | - | - | - | 0,34 |
| limaoorg | 35,00 | 3.279.694,58 | 3.955 | - | - | - | 0,28 |
| goiabaorg | 35,00 | 239.407,20 | 3.850 | - | - | - | 0,28 |
| repolhoorg | 36,75 | 457.738,21 | 5.219 | - | - | - | 0,02 |
| repolhoorg entr | 36,75 | 565.382,85 | 5.219 | - | - | - | 0,05 |
| feijao | 40,76 | 55.381,46 | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | 0,11 |
| feijao entr | 40,76 | 85.535,29 | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | 0,24 |
| tomate | 41,69 | 136.913,26 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,07 |
| tomate entr | 41,69 | 256.984,91 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,17 |
| pimentao | 44,70 | 857.897,76 | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | 0,04 |
| pimentao entr | 44,70 | 1.086.420,33 | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | 0,12 |
| feijaoorg | 73,59 | 95.336,80 | 5.593 | - | - | - | 0,20 |
| feijaoorg entr | 73,59 | 142.355,26 | 5.593 | - | - | - | 0,44 |
| tomateorg | 97,27 | 477.671,63 | 35.696 | - | - | - | 0,16 |
| tomateorg entr | 97,27 | 704.343,07 | 35.696 | - | - | - | 0,39 |
| pimentaoorg | 104,30 | 2.006.721,94 | 20.026 | - | - | - | 0,09 |
| pimentaoorg ent | 104,30 | 2.464.845,28 | 20.026 | - | - | - | 0,27 |
| banana | 105,75 | 1.498.908,49 | 22.525 | 740,25 | 74,03 | 74,77 | 1,31 |
| bananaorg | 246,75 | 4.077.310,71 | 52.558 | - | - | - | 3,06 |
| TOTAL | 1.537,50 | 21.639.744,71 | 310.191 | 7.586,06 | 463,61 | 471,20 | 8,1515 |

Como podemos observar na Tabela 109, a maximização da receita líquida e a minimização da adubação e defensivos químicos tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 21.639.744,45 (quase igual ao cenário C1H1, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 310.191 (900 diárias a menos que o cenário C2H1, que maximiza mão-de-obra) e um uso de adubos e defensivos químicos de 471,20 toneladas (igual ao cenário C3H1, que minimiza adubos e defensivos químicos).

As culturas da banana (convencional e orgânica), limão (convencional e orgânico), pimentão orgânico (safra e entressafra) e pimentão convencional (safra e entressafra) foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 94, temos a distribuição das culturas por área plantada.

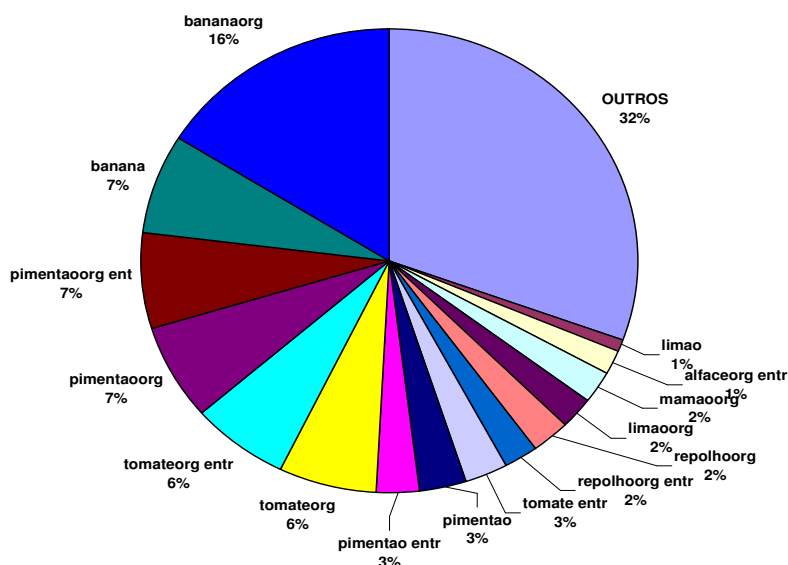


Gráfico 94 - Culturas alocadas por área plantada em ha.

No Gráfico 95, temos a distribuição por receita líquida em reais.

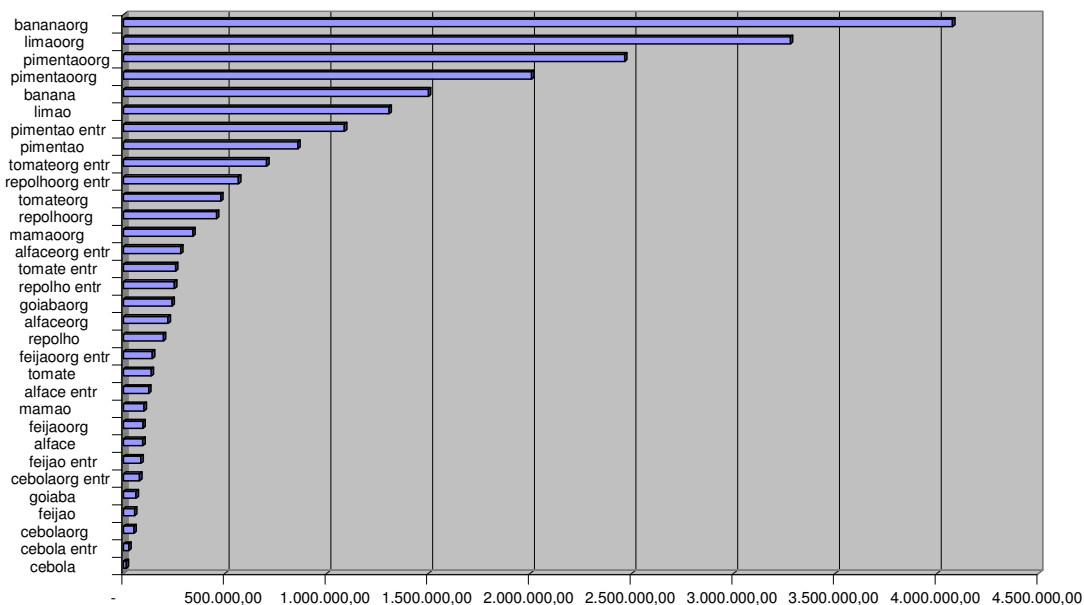


Gráfico 95 - Culturas com maior receita líquida.

7.3.2.5.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C5H1

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (TABELA) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C5H1.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|----------|--------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,322113 | 0,7983 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 33% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,322113 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 71%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.3.2.6 O Cenário C6H1 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)

Este cenário tem como objetivo maximizar a mão-de-obra e minimização o uso de adubação e defensivos químicos.

7.3.2.6.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C6H1.

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 110 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C6H1.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7197 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 110, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento

(η_v) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.3.2.6.2 A agricultura irrigada no cenário C6H1

O Gráfico 96 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C6H1. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

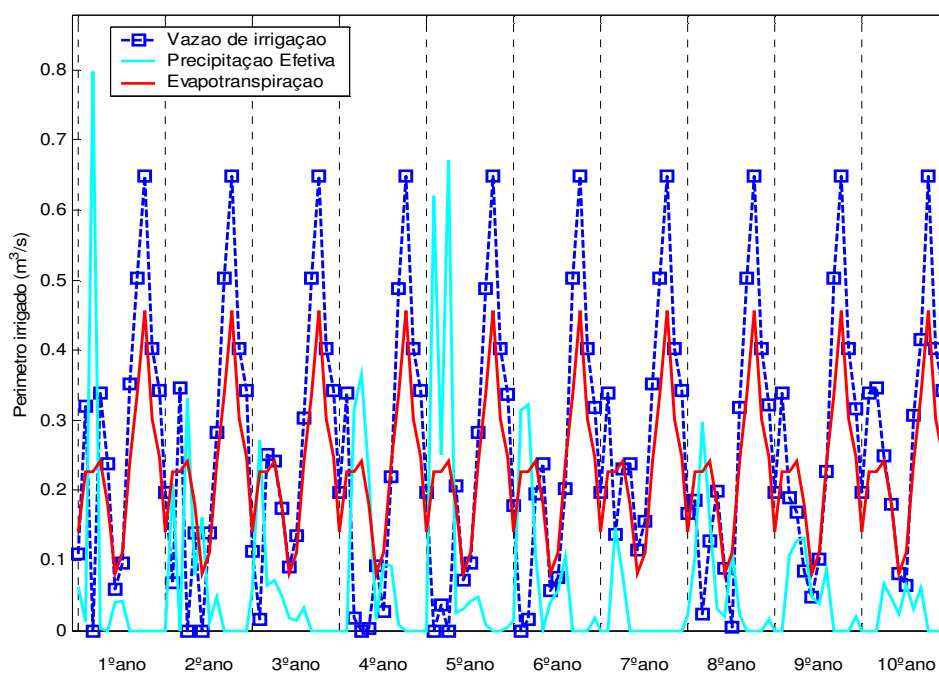


Gráfico 96 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C6H1.

No Gráfico 97 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

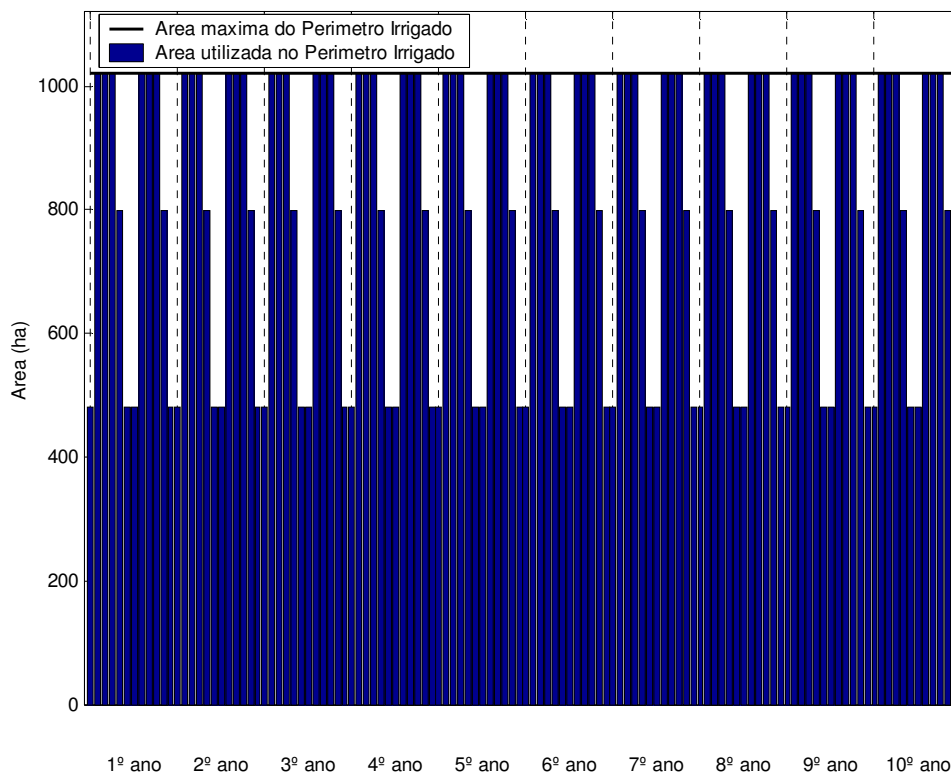


Gráfico 97 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C6H1.

Podemos ver na Tabela 111 que houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano (igual a área máxima do perímetro), distribuídos anualmente com 539 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 539 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 481 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

Tabela 111 - Áreas das Culturas do cenário C6H1.

**** MANEJO CONVENCIONAL - TOTAIS ****

| | |
|------------------------|--------|
| Sazonais Safra conv = | 161,71 |
| Sazonais Entres conv = | 161,71 |
| Frutas conv = | 150,75 |
| Area Efetiva CONV = | 312,46 |
| Area TOTAL CONV = | 474,17 |

**** MANEJO ORGANICO - TOTAIS ****

| | |
|-----------------------|----------|
| Sazonais Safra ORG = | 377,32 |
| Sazonais Entres ORG = | 377,32 |
| Frutas ORG = | 330,22 |
| Area Efetiva ORG = | 707,54 |
| Area TOTAL ORG = | 1.084,86 |

***Totais Area Cultivada ***

| | |
|-------------------------|----------|
| Sazonais Safra = | 539,02 |
| Sazonais Entressafra = | 539,02 |
| Frutas = | 480,97 |
| Area Efetiva Plantada = | 1.020,00 |
| Area TOTAL GERAL = | 1.559,02 |

As culturas de manejo convencional ocuparam 474 ha (safra + entressafra + frutas) e as culturas de manejo orgânico ocuparam 1.085 ha (safra + entressafra + frutas). O total plantado com culturas orgânicas resultou em aproximadamente 2,3 vezes a mais que o total plantado com culturas convencionais.

A Tabela 112 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 112 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C6H1 (insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|--------------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Adubacao | Adub+Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm ³) |
| cebola | 9,00 | 13.867,64 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0027 |
| cebola entr | 9,00 | 27.035,48 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0092 |
| alface | 9,81 | 94.843,65 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,0048 |
| alface entr | 9,81 | 124.522,73 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,0148 |
| mamao | 15,00 | 101.267,27 | 2.880 | 255,00 | 14,01 | 14,27 | 0,1452 |
| limao | 15,00 | 1.306.795,91 | 1.695 | 122,55 | 14,01 | 14,13 | 0,1212 |
| goiaba | 15,00 | 61.355,49 | 1.650 | 201,30 | 14,01 | 14,21 | 0,1203 |
| goiabaorg | 15,00 | 102.604,93 | 1.650 | - | - | - | 0,1203 |
| repolho | 15,75 | 196.713,76 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,0081 |
| repolho entr | 15,75 | 251.115,93 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,0223 |
| cebolaorg | 21,00 | 51.404,38 | 4.431 | - | - | - | 0,0062 |
| cebolaorg entr | 21,00 | 79.294,34 | 4.431 | - | - | - | 0,0214 |
| alfaceorg | 22,89 | 220.065,44 | 3.571 | - | - | - | 0,0112 |
| alfaceorg entr | 22,89 | 281.749,14 | 3.571 | - | - | - | 0,0346 |
| limaoorg | 33,47 | 3.136.747,10 | 3.783 | - | - | - | 0,2705 |
| mamaoorg | 35,00 | 340.864,58 | 6.720 | - | - | - | 0,3388 |
| repolhoorg | 36,75 | 457.738,07 | 5.218 | - | - | - | 0,0189 |
| repolhoorg entr | 36,75 | 565.382,67 | 5.218 | - | - | - | 0,0519 |
| feijao | 40,76 | 55.381,47 | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | 0,1089 |
| feijao entr | 40,76 | 85.535,29 | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | 0,2415 |
| tomate | 41,69 | 136.913,26 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,069 |
| tomate entr | 41,69 | 256.984,92 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,1667 |
| pimentao | 44,70 | 857.897,77 | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | 0,04 |
| pimentao entr | 44,70 | 1.086.420,35 | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | 0,1168 |
| feijaoorg | 95,11 | 123.223,63 | 7.229 | - | - | - | 0,2542 |
| feijaoorg entr | 95,11 | 183.995,22 | 7.229 | - | - | - | 0,5634 |
| tomateorg | 97,27 | 477.671,62 | 35.696 | - | - | - | 0,1611 |
| tomateorg entr | 97,27 | 704.343,05 | 35.696 | - | - | - | 0,389 |
| pimentaorg | 104,30 | 2.006.721,81 | 20.026 | - | - | - | 0,0933 |
| pimentaorg ent | 104,30 | 2.464.845,13 | 20.026 | - | - | - | 0,2724 |
| banana | 105,75 | 1.498.908,52 | 22.525 | 740,25 | 74,03 | 74,77 | 1,3096 |
| bananaorg | 246,75 | 4.077.310,58 | 52.558 | - | - | - | 3,0556 |
| TOTAL | 1.559,02 | 21.429.521,10 | 311.091 | 7.586,06 | 463,61 | 471,20 | 8,1639 |

Como podemos observar na Tabela 112, a maximização da mão-de-obra e a minimização da adubação e defensivos químicos tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 21.429.521 (R\$ 275.944,04 a menos que o total do cenário C1H1, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 311.091 (igual ao cenário C2H1, que maximiza mão-de-obra) e um uso de adubos e defensivos químicos de 471,20 toneladas (igual ao cenário C3H1, que minimiza adubos e defensivos químicos).

As culturas da banana (orgânica e convencional), tomate orgânica (safra e entressafra), tomate convencional (safra e entressafra) e pimentão orgânico (safra e entressafra) e pimentão convencional (safra e entressafra) foram as que geraram maior emprego de mão-de-obra.

No Gráfico 98, temos a distribuição das culturas por área plantada.

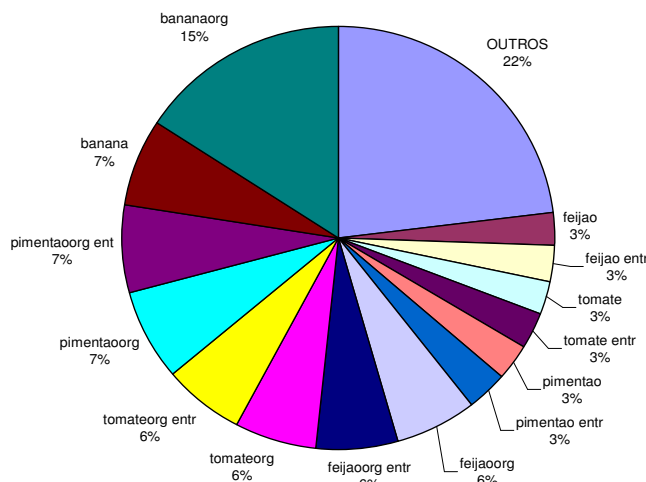


Gráfico 98 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 99, temos a distribuição por mão-de-obra em homens/dia.

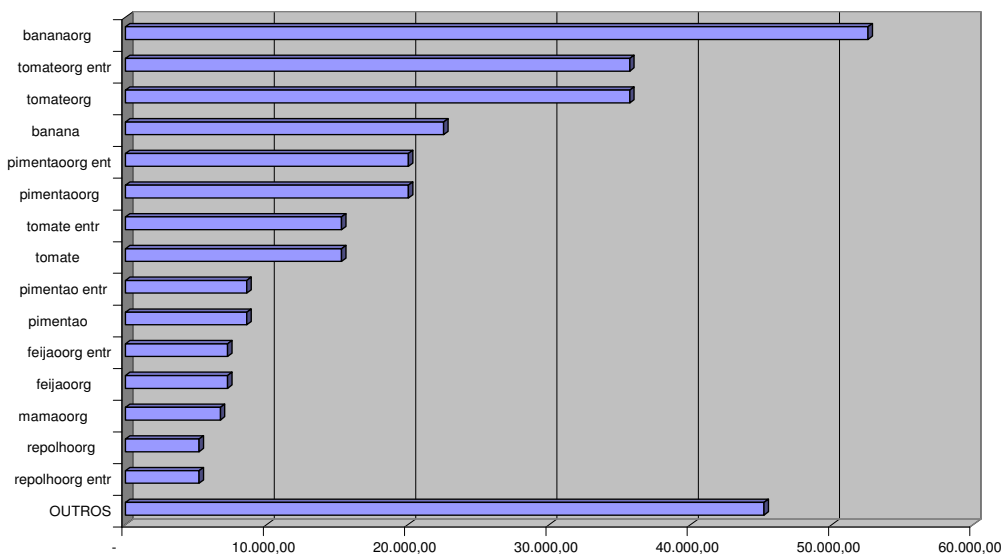


Gráfico 99 - Culturas por mão-de-obra em Homens/Dia.

7.3.2.6.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C6H1

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 113) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 113 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C6H1.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|----------|--------|
| 1,3397 | 1,4308 | 0,6989 | 0,326909 | 0,7877 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,326909 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 79%.

7.3.2.7 O Cenário C7H1 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)

Este cenário tem como objetivo maximizar a receita líquida, maximizar a mão-de-obra e minimizar a adubação e o uso de defensivos químicos.

7.3.2.7.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C7H1.

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 114 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C7H1.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 114, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento

(η_v) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consuntivas (abastecimento humano e irrigação).

7.3.2.7.2 A agricultura irrigada no cenário C7H1

O Gráfico 100 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C7H1. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

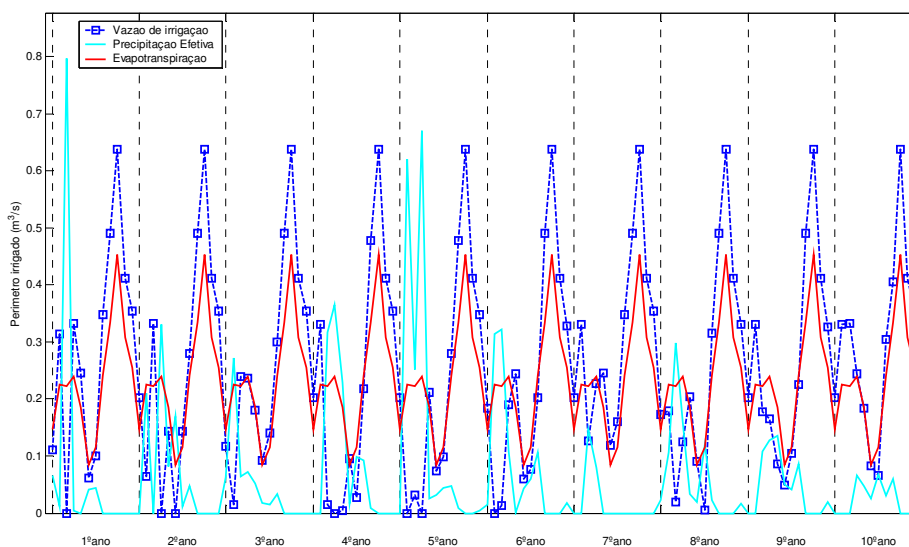


Gráfico 100 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C7H1.

No Gráfico 101 são mostradas as áreas cultivadas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

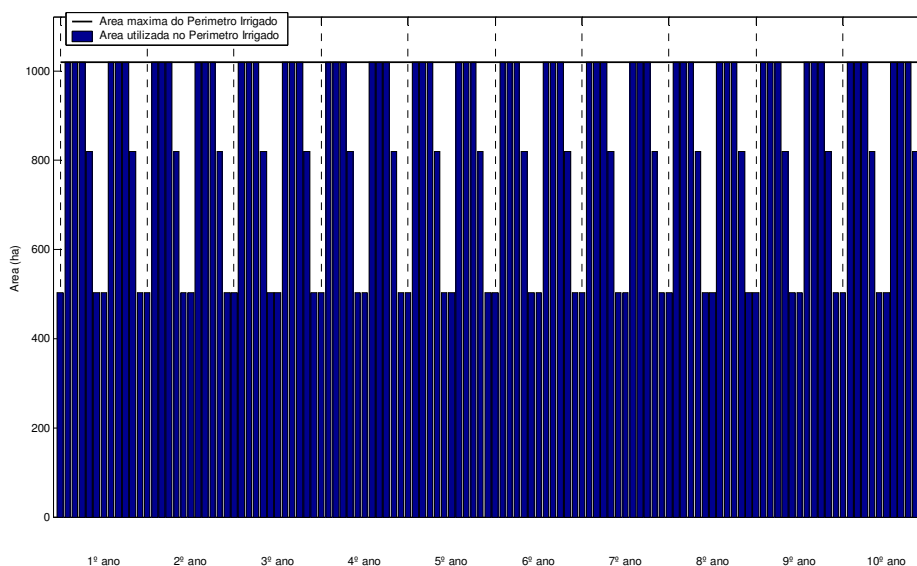


Gráfico 101 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C7H1.

Podemos ver na Tabela 115 que houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano (igual a área máxima do perímetro), distribuídos anualmente com 517 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 517 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 503 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas de manejo convencional ocuparam 474 ha (safra + entressafra + frutas) e as culturas de manejo orgânico ocuparam 1.063 ha (safra + entressafra + frutas). O total plantado com culturas orgânicas resultou em aproximadamente 2,2 vezes a mais que o total plantado com culturas convencionais.

Tabela 115 - Áreas das Culturas do cenário C7H1.

**** MANEJO CONVENCIONAL - TOTAIS ****

| | |
|------------------------|--------|
| Sazonais Safra conv = | 161,71 |
| Sazonais Entres conv = | 161,71 |
| Frutas conv = | 150,75 |
| Area Efetiva CONV = | 312,46 |
| Area TOTAL CONV = | 474,17 |

**** MANEJO ORGANICO - TOTAIS ****

| | |
|-----------------------|----------|
| Sazonais Safra ORG = | 355,81 |
| Sazonais Entres ORG = | 355,82 |
| Frutas ORG = | 351,72 |
| Area Efetiva ORG = | 707,54 |
| Area TOTAL ORG = | 1.063,36 |

***Totais Area Cultivada ***

| | |
|-------------------------|----------|
| Sazonais Safra = | 517,52 |
| Sazonais Entressafra = | 517,53 |
| Frutas = | 502,47 |
| Area Efetiva Plantada = | 1.020,00 |
| Area TOTAL GERAL = | 1.537,52 |

A Tabela 116 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 116 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C7H1 (insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|--------------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Adubacao | Adub+Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm ³) |
| cebola | 9,00 | 13.867,64 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0027 |
| cebola entr | 9,00 | 27.035,49 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0092 |
| alface | 9,81 | 94.843,68 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,0048 |
| alface entr | 9,81 | 124.522,77 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,0148 |
| mamao | 15,00 | 101.267,28 | 2.880 | 255,00 | 14,01 | 14,27 | 0,1452 |
| limao | 15,00 | 1.306.796,12 | 1.695 | 122,55 | 14,01 | 14,13 | 0,1212 |
| goiaba | 15,00 | 61.355,50 | 1.650 | 201,30 | 14,01 | 14,21 | 0,1203 |
| repolho | 15,75 | 196.713,80 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,0081 |
| repolho entr | 15,75 | 251.115,98 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,0223 |
| cebolaorg entr | 21,00 | 79.288,85 | 4.431 | - | - | - | 0,0214 |
| cebolaorg | 21,00 | 51.403,42 | 4.431 | - | - | - | 0,0062 |
| alfaceorg entr | 22,89 | 281.743,81 | 3.571 | - | - | - | 0,0346 |
| alfaceorg | 22,89 | 220.063,95 | 3.571 | - | - | - | 0,0112 |
| goiabaorg | 34,97 | 239.217,79 | 3.847 | - | - | - | 0,2804 |
| mamaoorg | 35,00 | 340.864,50 | 6.720 | - | - | - | 0,3388 |
| limaoorg | 35,00 | 3.279.694,02 | 3.955 | - | - | - | 0,2828 |
| repolhoorg entr | 36,75 | 565.376,19 | 5.218 | - | - | - | 0,0519 |
| repolhoorg | 36,75 | 457.736,72 | 5.218 | - | - | - | 0,0189 |
| feijao | 40,76 | 55.381,47 | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | 0,1089 |
| feijao entr | 40,76 | 85.535,30 | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | 0,2415 |
| tomate | 41,69 | 136.913,27 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,069 |
| tomate entr | 41,69 | 256.984,92 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,1667 |
| pimentao | 44,70 | 857.897,79 | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | 0,04 |
| pimentao entr | 44,70 | 1.086.420,38 | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | 0,1168 |
| feijaoorg | 73,61 | 95.364,34 | 5.594 | - | - | - | 0,1967 |
| feijaoorg entr | 73,62 | 142.412,70 | 5.595 | - | - | - | 0,4361 |
| tomateorg | 97,27 | 477.671,49 | 35.696 | - | - | - | 0,1611 |
| tomateorg entr | 97,27 | 704.342,78 | 35.696 | - | - | - | 0,389 |
| pimentaorg ent | 104,30 | 2.464.843,97 | 20.026 | - | - | - | 0,2724 |
| pimentaorg | 104,30 | 2.006.721,24 | 20.026 | - | - | - | 0,0933 |
| banana | 105,75 | 1.498.908,57 | 22.525 | 740,25 | 74,03 | 74,77 | 1,3096 |
| bananaorg | 246,75 | 4.077.310,05 | 52.558 | - | - | - | 3,0556 |
| TOTAL | 1.537,52 | 21.639.615,78 | 310.192 | 7.586,06 | 463,61 | 471,20 | 8,1515 |

Como podemos observar na Tabela 116, a maximização da receita líquida, a maximização da mão-de-obra e a minimização da adubação e defensivos químicos teve como resultados: uma receita líquida de R\$ 21.639.615,78 (quase igual ao cenário C1H1, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 310.192 (900 diárias a menos que o cenário C2H1, que maximiza mão-de-obra) e um uso de adubos e defensivos químicos de 471,20 toneladas (igual ao cenário C3H1, que minimiza adubos e defensivos químicos).

As culturas da banana (orgânica e convencional), limão (orgânico e convencional), pimentão orgânico (safra e entressafra) e pimentão convencional (safra e entressafra) foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 102, temos a distribuição das culturas por área plantada.

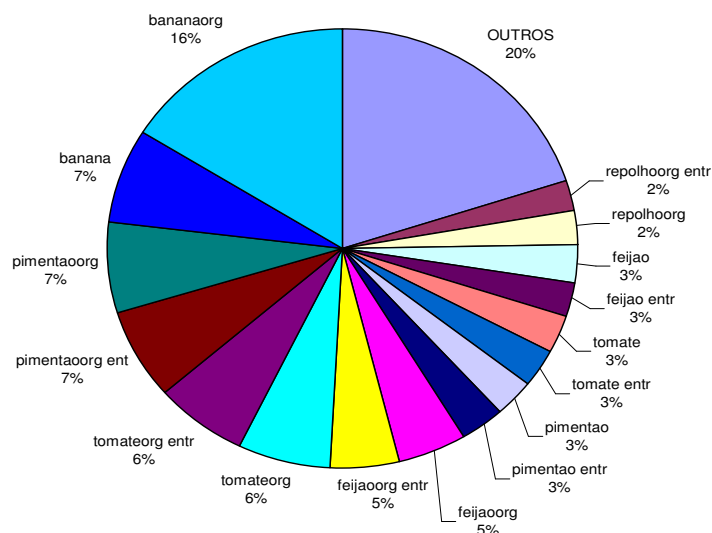


Gráfico 102 - Culturas alocadas por área plantada em ha.

No Gráfico 103, temos a distribuição por receita líquida em reais.

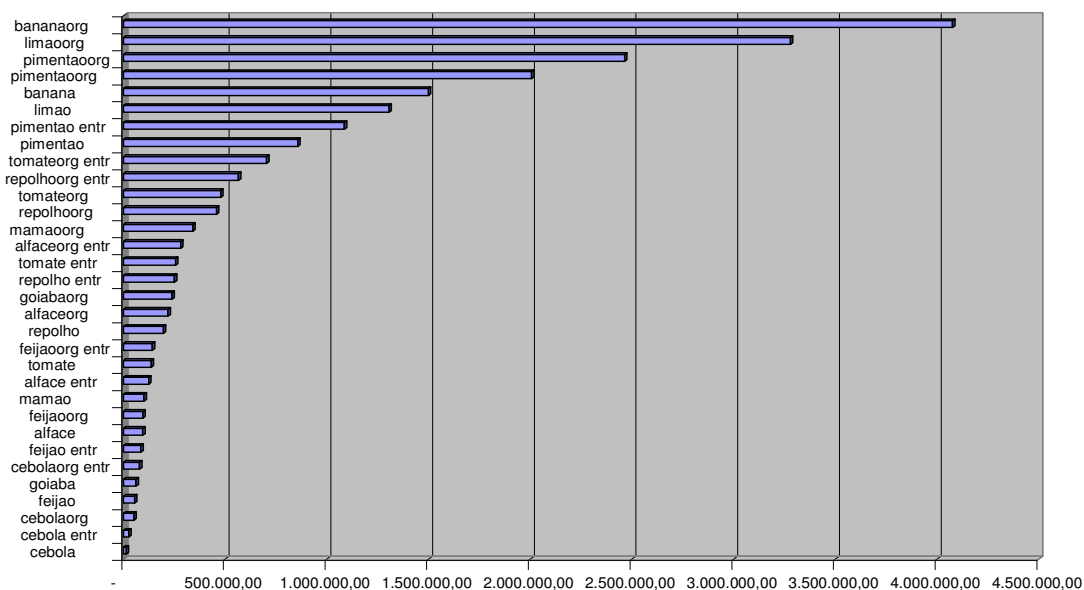


Gráfico 103 - Culturas com maior receita líquida em Reais.

7.3.2.7.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C7H1

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 117) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 117 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C7H1.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,322113 | 0,7983 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 33% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,322113 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 71%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.3.2.8 Resumo dos cenários da proposta integrada do manejo convencional e manejo orgânico simultâneo (mix de culturas)

Hipótese 1: com o incremento de 0% de mão-de-obra

Na Tabela 118, temos um resumo dos totais gerais de cada cenário em relação a agricultura por cenários, área plantada (ha), receita líquida (R\$), mão-de-obra (homens/dia), e vazão para a cultura (QirrCultura em hm³).

Tabela 118 - Cenários da proposta integrada com 0% de incremento de mão de obra (Totais – Insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|------------|------------|-------------|------------|----------|-----------|--------------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Adubacao | Adub+ Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm ³) |
| C1H1 | 1.020 | 21.705.465 | 310.191 | 10.351 | 651 | 661 | 8,1516 |
| C2H1 | 1.020 | 21.126.638 | 311.091 | 12.621 | 766 | 779 | 8,1639 |
| C3H1 | 333 | 7.230.776 | 99.760 | - | - | - | 2,54 |
| C4H1 | 1.020 | 22.318.873 | 310.194 | 9.166 | 576 | 585 | 8,1516 |
| C5H1 | 1.020 | 21.639.745 | 310.191 | 7.586 | 464 | 471 | 8,1515 |
| C6H1 | 1.020 | 21.429.521 | 311.091 | 7.586 | 464 | 471 | 8,1639 |
| C7H1 | 1.020 | 21.639.616 | 310.192 | 7.586 | 464 | 471 | 8,1515 |

Como podemos observar na Tabela 118, a maior receita líquida foi de R\$ 22.318.873 obtida no cenário C4H1 (cujo objetivo era de maximizar a receita líquida e de maximizar a mão-de-obra), sendo seguido pelos valores dos cenários C1H1 (cujo objetivo era de maximizar a receita líquida), C5H1 (cujo objetivo era de maximizar a receita líquida e minimizar a adubação e defensivos químicos) e C7H1 (cujo objetivo foi de maximizar a receita líquida, maximizar a mão-de-obra e minimizar a adubação e defensivos químicos).

A alocação máxima de mão-de-obra foi de 311.091 homens/dia ocorreu nos cenários C2H1 (cujo objetivo era de maximizar a mão-de-obra), e no cenário C6H1 (cujo objetivo era de maximizar a mão-de-obra e minimizar a adubação e defensivos químicos). As áreas máximas foram geradas em quase todos os cenários, exceto no cenário C3H1 (cujo objetivo foi de minimizar a adubação e defensivos químicos).

O uso de adubação e defensivos químicos mínimos esteve presente em quase todos os cenários, mas com um uso bem mais restrito, com preferência para alocação de culturas de manejo orgânico. No cenário C3H1 não houve alocação de culturas de manejo convencional, no qual usa a adubação química e agrotóxicos.

7.3.3 HIPÓTESE 2: Incremento de 20% de mão-de-obra (igual a convencional) para os cenários C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7 no mix de culturas.

7.3.3.1 O Cenário C1H2 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)

Este cenário tem como objetivo maximizar a receita líquida.

7.3.3.1.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C1H2.

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 119 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C1H2.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 119, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consuntivas (abastecimento humano e irrigação).

7.3.3.1.2 A agricultura irrigada no cenário C1H2

O Gráfico 104 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C1H2. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

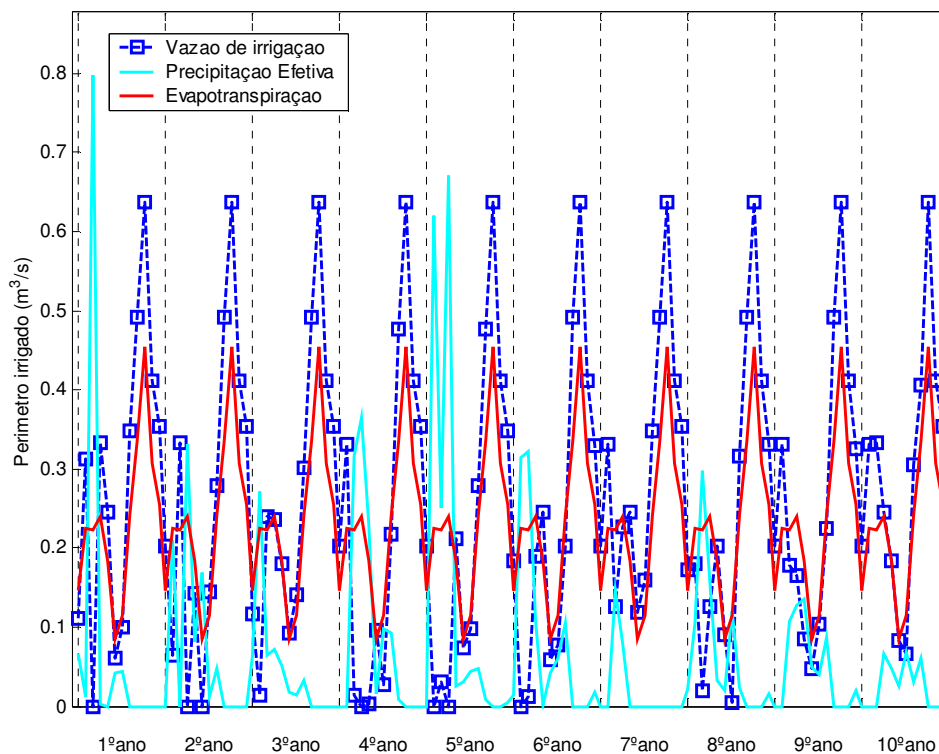


Gráfico 104 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C1H2.

No Gráfico 105 são mostradas as áreas cultivadas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

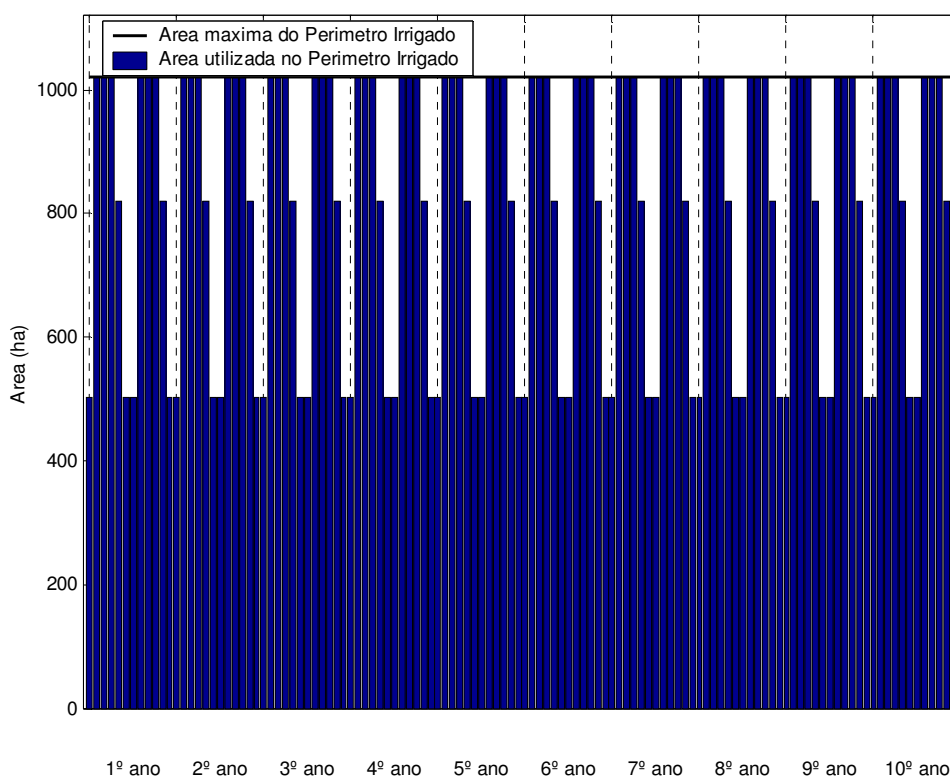


Gráfico 105 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C1H2.

Podemos ver na Tabela 120 que houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano (igual a área máxima do perímetro), distribuídos anualmente com 517 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 517 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 503 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas de manejo convencional ocuparam 727 ha (safra + entressafra + frutas) e as culturas de manejo orgânico ocuparam 810 ha (safra + entressafra + frutas). O total plantado com culturas orgânicas resultou em aproximadamente 11% a mais que o total plantado com culturas convencionais.

Tabela 120 - Áreas das Culturas do cenário C1H2.

**** MANEJO CONVENCIONAL - TOTAIS ****

| | |
|------------------------|--------|
| Sazonais Safra conv = | 288,21 |
| Sazonais Entres conv = | 288,22 |
| Frutas conv = | 150,75 |
| Area Efetiva CONV = | 438,97 |
| Area TOTAL CONV = | 727,18 |

**** MANEJO ORGANICO - TOTAIS ****

| | |
|-----------------------|--------|
| Sazonais Safra ORG = | 229,28 |
| Sazonais Entres ORG = | 229,28 |
| Frutas ORG = | 351,75 |
| Area Efetiva ORG = | 581,03 |
| Area TOTAL ORG = | 810,31 |

***Totais Area Cultivada ***

| | |
|-------------------------|----------|
| Sazonais Safra = | 517,50 |
| Sazonais Entressafra = | 517,50 |
| Frutas = | 502,50 |
| Area Efetiva Plantada = | 1.020,00 |
| Area TOTAL GERAL = | 1.537,50 |

A Tabela 121 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 121 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C1H2 (insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------|----------------|------------------|---------------|---------------|--------------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Aduacao | Adub+Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm ³) |
| tomate | 41,69 | 136.913,93 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,069 |
| pimentao | 104,30 | 2.001.744,95 | 20.025 | 3.650,47 | 146,02 | 149,67 | 0,0933 |
| feijao | 73,59 | 99.982,98 | 5.593 | 367,95 | 34,29 | 34,66 | 0,1967 |
| repolho | 36,75 | 458.989,16 | 5.218 | 147,00 | 42,89 | 43,03 | 0,0189 |
| alface | 22,89 | 221.297,07 | 3.571 | 160,23 | 21,38 | 21,54 | 0,0112 |
| cebola | 9,00 | 13.868,04 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0027 |
| tomate entr | 41,69 | 256.988,77 | 15.299 | 1.125,51 | 58,36 | 59,49 | 0,1667 |
| pimentao entr | 104,30 | 2.534.976,01 | 20.026 | 3.650,49 | 146,02 | 149,67 | 0,2724 |
| feijao entr | 73,60 | 154.430,68 | 5.593 | 367,98 | 34,30 | 34,66 | 0,436 |
| repolho entr | 36,75 | 585.933,49 | 5.218 | 147,00 | 42,89 | 43,03 | 0,0519 |
| alface entr | 22,89 | 290.549,96 | 3.571 | 160,23 | 21,38 | 21,54 | 0,0346 |
| cebola entr | 9,00 | 27.036,40 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0092 |
| banana | 105,75 | 1.498.909,91 | 22.525 | 740,25 | 74,03 | 74,77 | 1,3096 |
| mamao | 15,00 | 101.267,70 | 2.880 | 255,00 | 14,01 | 14,27 | 0,1452 |
| limao | 15,00 | 1.306.798,40 | 1.695 | 122,55 | 14,01 | 14,13 | 0,1212 |
| goiaba | 15,00 | 61.355,78 | 1.650 | 201,30 | 14,01 | 14,21 | 0,1203 |
| tomateorg | 97,26 | 401.414,97 | 40.462 | - | - | - | 0,1611 |
| pimentaorg | 44,70 | 845.735,75 | 9.477 | - | - | - | 0,04 |
| feijaoorg | 40,76 | 45.767,16 | 3.546 | - | - | - | 0,1089 |
| repolhoorg | 15,75 | 192.402,72 | 2.473 | - | - | - | 0,0081 |
| alfaceorg | 9,81 | 90.708,13 | 1.756 | - | - | - | 0,0048 |
| cebolaorg | 20,99 | 44.940,85 | 4.829 | - | - | - | 0,0062 |
| tomateorg entr | 97,26 | 628.083,20 | 40.462 | - | - | - | 0,389 |
| pimentaorg ent | 44,70 | 1.042.062,59 | 9.476 | - | - | - | 0,1168 |
| feijaoorg entr | 40,76 | 71.812,24 | 3.546 | - | - | - | 0,2415 |
| repolhoorg entr | 15,75 | 238.530,08 | 2.473 | - | - | - | 0,0223 |
| alfaceorg entr | 9,81 | 117.142,36 | 1.756 | - | - | - | 0,0148 |
| cebolaorg entr | 20,99 | 72.814,39 | 4.828 | - | - | - | 0,0214 |
| bananaorg | 246,75 | 3.956.500,02 | 59.467 | - | - | - | 3,0556 |
| mamaoorg | 35,00 | 328.991,76 | 7.455 | - | - | - | 0,3388 |
| limaoorg | 35,00 | 3.269.835,59 | 4.550 | - | - | - | 0,2828 |
| goiabaorg | 35,00 | 229.774,46 | 4.445 | - | - | - | 0,2806 |
| TOTAL | 1.537,50 | 21.327.559,51 | 332.962 | 12.437,47 | 734,53 | 746,97 | 8,1516 |

Como podemos observar na Tabela 121, a maximização da receita líquida, teve como resultados: uma receita líquida de R\$ 21.327.559 uma alocação de mão-de-obra de 332.962 e um uso de adubos e defensivos químicos de 746,97 toneladas.

As culturas da banana (orgânica e convencional), limão (orgânico e convencional), pimentão convencional (safra e entressafra), pimentão orgânico (safra e entressafra) e tomate orgânico entressafra foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 106, temos a distribuição das culturas por área plantada.

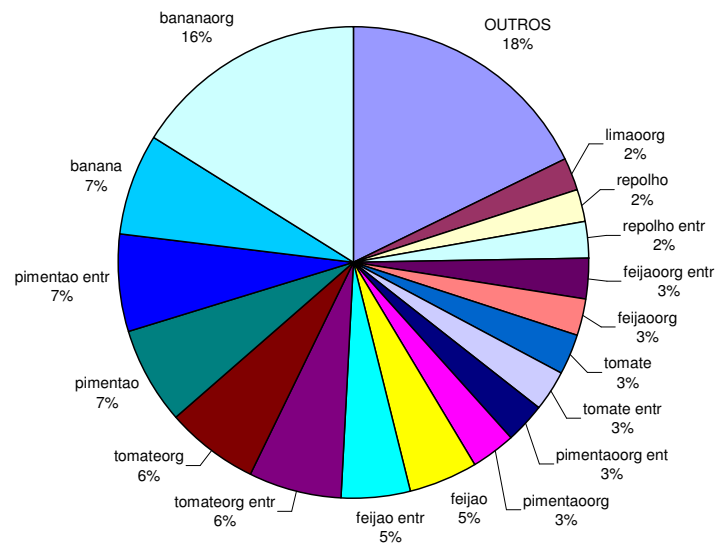


Gráfico 106 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 107, temos a distribuição por receita líquida em reais.

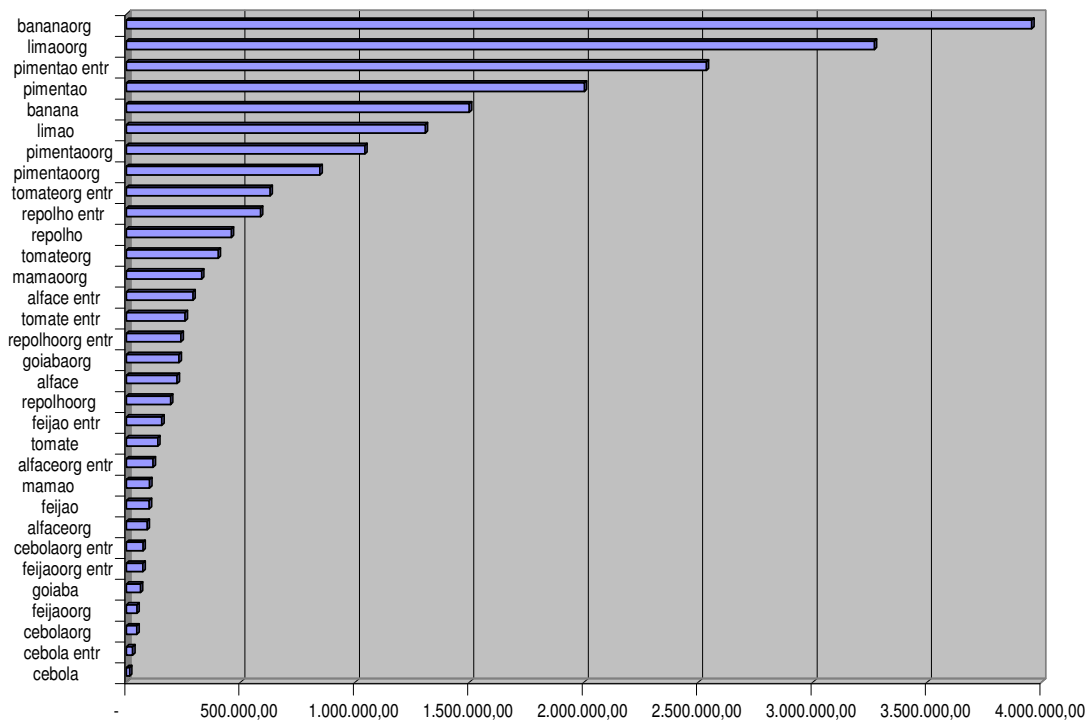


Gráfico 107 - Culturas com maior receita líquida em Reais.

7.3.3.1.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C1H2

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 122) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 122 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C1H2.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|----------|--------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,322113 | 0,7983 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 33% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,322113 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 71%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área para as culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.3.3.2 O Cenário C2H2 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)

Este cenário tem como objetivo maximizar a mão-de-obra.

7.3.3.2.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C2H2.

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 123 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C2H2.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7197 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 123, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos

operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consuntivas (abastecimento humano e irrigação).

7.3.3.2 A agricultura irrigada no cenário C2H2

O Gráfico 108 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C2H2. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

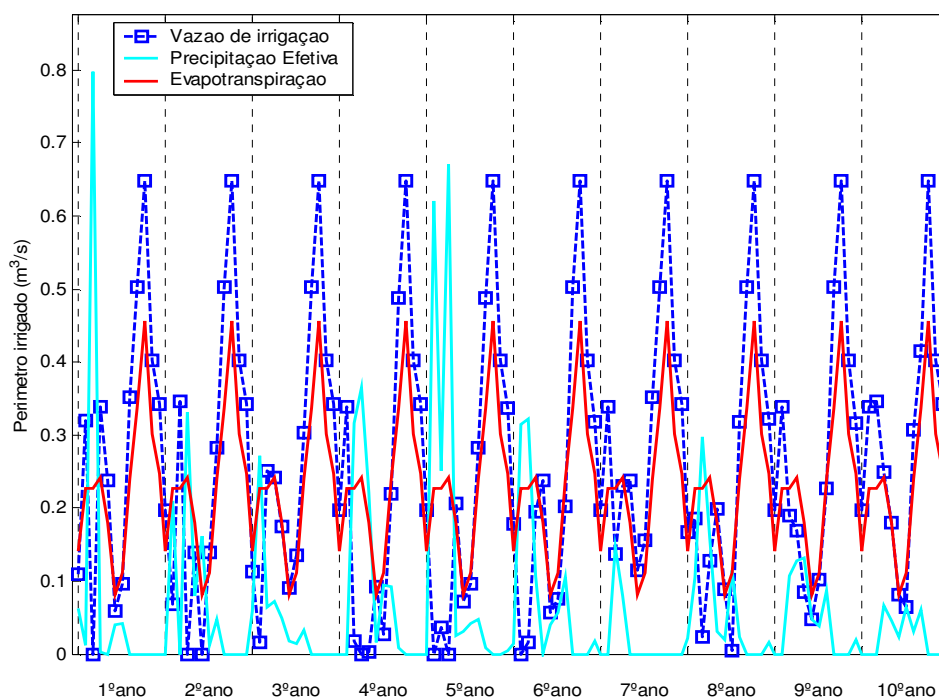


Gráfico 108 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C2H2.

No Gráfico 109 são mostradas as áreas cultivadas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

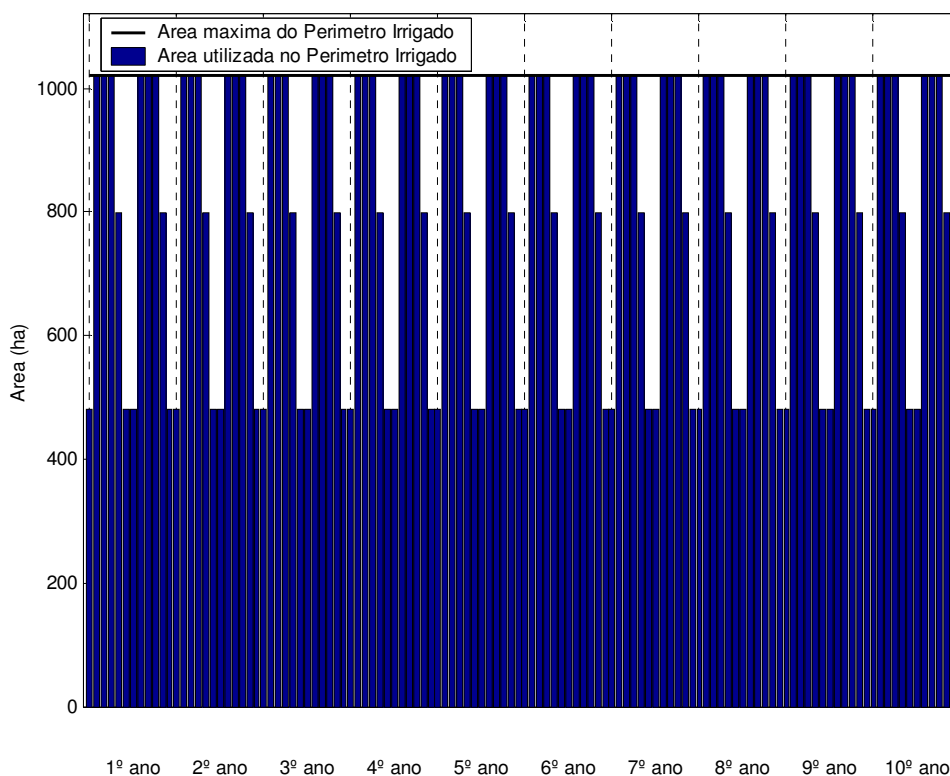


Gráfico 109 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C2H2.

Podemos ver na Tabela 124 que houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano (igual a área máxima do perímetro), distribuídos anualmente com 539 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 539 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 481 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas de manejo convencional ocuparam 474 ha (safra + entressafra + frutas) e as culturas de manejo orgânico ocuparam 1.084 ha (safra + entressafra + frutas). O total plantado com culturas orgânicas resultou em aproximadamente 2,2 vezes a mais que o total plantado com culturas convencionais.

Tabela 124 - Áreas das Culturas do cenário C2H2

**** MANEJO CONVENCIONAL - TOTAIS ****

| | |
|------------------------|--------|
| Sazonais Safra conv = | 161,71 |
| Sazonais Entres conv = | 161,71 |
| Frutas conv = | 150,75 |
| Area Efetiva CONV = | 312,46 |
| Area TOTAL CONV = | 474,17 |

**** MANEJO ORGANICO - TOTAIS ****

| | |
|-----------------------|----------|
| Sazonais Safra ORG = | 377,32 |
| Sazonais Entres ORG = | 377,31 |
| Frutas ORG = | 330,22 |
| Area Efetiva ORG = | 707,53 |
| Area TOTAL ORG = | 1.084,84 |

***Totais Area Cultivada ***

| | |
|-------------------------|----------|
| Sazonais Safra = | 539,02 |
| Sazonais Entressafra = | 539,02 |
| Frutas = | 480,97 |
| Area Efetiva Plantada = | 1.019,99 |
| Area TOTAL GERAL = | 1.559,01 |

A Tabela 125 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 125 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C2H2 (insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|--------------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Adubacao | Adub+Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm ³) |
| cebola | 9,00 | 13.868,09 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0027 |
| cebola entr | 9,00 | 27.036,39 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0092 |
| alface | 9,81 | 94.845,89 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,0048 |
| alface entr | 9,81 | 124.525,44 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,0148 |
| goiaba | 15,00 | 61.355,72 | 1.650 | 201,30 | 14,01 | 14,21 | 0,1203 |
| goiabaorg | 15,00 | 98.476,24 | 1.905 | - | - | - | 0,1203 |
| mamao | 15,00 | 101.269,19 | 2.880 | 255,00 | 14,01 | 14,27 | 0,1452 |
| limao | 15,00 | 1.306.820,25 | 1.695 | 122,55 | 14,01 | 14,13 | 0,1212 |
| repolho | 15,75 | 196.717,82 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,0081 |
| repolho entr | 15,75 | 251.122,57 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,0223 |
| cebolaorg entr | 21,00 | 72.841,91 | 4.830 | - | - | - | 0,0214 |
| cebolaorg | 21,00 | 44.952,50 | 4.830 | - | - | - | 0,0062 |
| alfaceorg | 22,89 | 211.639,46 | 4.097 | - | - | - | 0,0112 |
| alfaceorg entr | 22,89 | 273.321,90 | 4.097 | - | - | - | 0,0346 |
| limaoorg | 33,47 | 3.126.573,84 | 4.351 | - | - | - | 0,2704 |
| mamaoorg | 35,00 | 328.988,56 | 7.455 | - | - | - | 0,3388 |
| repolhoorg entr | 36,75 | 556.555,25 | 5.770 | - | - | - | 0,0519 |
| repolhoorg | 36,75 | 448.913,09 | 5.770 | - | - | - | 0,0189 |
| feijao | 40,76 | 55.382,20 | 3.098 | 203,82 | 19,00 | 19,20 | 0,1089 |
| feijao entr | 40,76 | 85.536,54 | 3.098 | 203,82 | 19,00 | 19,20 | 0,2415 |
| tomate | 41,69 | 136.913,65 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,069 |
| tomate entr | 41,69 | 256.985,66 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,1667 |
| pimentao | 44,70 | 857.902,97 | 8.582 | 1.564,51 | 62,58 | 64,14 | 0,04 |
| pimentao entr | 44,70 | 1.086.427,44 | 8.582 | 1.564,51 | 62,58 | 64,14 | 0,1168 |
| feijaoorg entr | 95,11 | 167.553,08 | 8.274 | - | - | - | 0,5634 |
| feijaoorg | 95,11 | 106.787,10 | 8.275 | - | - | - | 0,2542 |
| tomateorg | 97,26 | 401.415,31 | 40.462 | - | - | - | 0,1611 |
| tomateorg entr | 97,26 | 628.086,41 | 40.462 | - | - | - | 0,389 |
| pimentaorg | 104,30 | 1.973.339,61 | 22.112 | - | - | - | 0,0933 |
| pimentaorg ent | 104,30 | 2.431.461,58 | 22.112 | - | - | - | 0,2724 |
| banana | 105,75 | 1.498.911,45 | 22.525 | 740,25 | 74,03 | 74,77 | 1,3096 |
| bananaorg | 246,75 | 3.956.495,99 | 59.467 | - | - | - | 3,0556 |
| TOTAL | 1.559,01 | 20.983.023,12 | 338.307 | 7.586,11 | 463,61 | 471,20 | 8,1638 |

Como podemos observar na Tabela 125, a maximização da mão-de-obra teve como resultados: uma receita líquida de R\$ 20.983.023 (representando 97% do cenário C1H2, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 338.307 (quase 2% a mais que o cenário C1H2, que maximiza receita líquida) e um uso de adubos e defensivos químicos de 471,20 toneladas (aproximadamente 58% do total do cenário C1H2, que maximiza receita líquida).

As culturas da banana (orgânica e convencional), tomate orgânica (safra e entressafra), tomate convencional (safra e entressafra), pimentão orgânico (safra e entressafra), pimentão convencional (safra e entressafra) foram as que geraram maior mão-de-obra.

No Gráfico 110, temos a distribuição das culturas por área plantada.

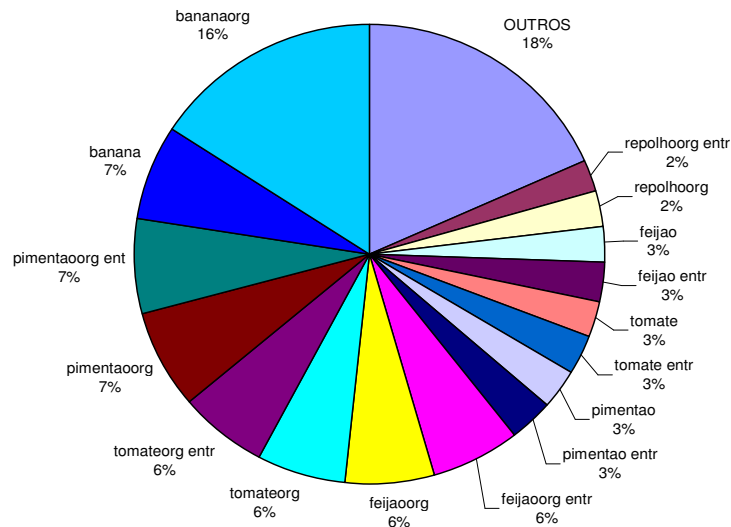


Gráfico 110 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 111, temos a distribuição mão-de-obra em homens/dia.

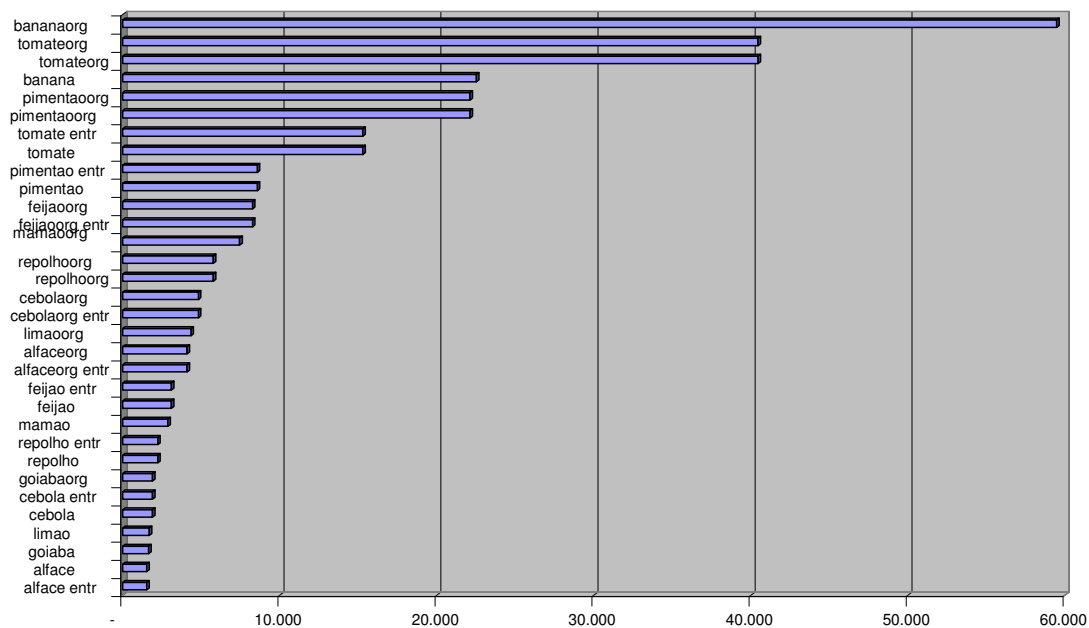


Gráfico 111 - Culturas com maior mão-de-obra.

7.3.3.2.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C2H2

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 126) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RCG, FMA e CUI.

Tabela 126 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C2H2.

| FRA | FRI | RCG | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|-------------|--------|
| 1,3397 | 1,4308 | 0,6989 | 0,326912216 | 0,7877 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,326912216 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 79%.

7.3.3.3 O Cenário C3H2 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)

Este cenário tem como objetivo minimizar o uso de adubação e defensivos químicos.

7.3.3.3.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C3H2.

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 127 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C3H2.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|-------|--------|
| -0,0096 | 0,178 | 0,0789 | 0,683 | 0 | 0,1459 | 0,2171 | 0,672 | 0,1459 |

Como podemos observar na Tabela 127, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 68% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 15% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 22% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 67% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 15% foi usada para atender as demandas consuntivas (abastecimento humano e irrigação).

7.3.3.3.2 A agricultura irrigada no cenário C3H2

O Gráfico 112 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C3H2. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a

demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

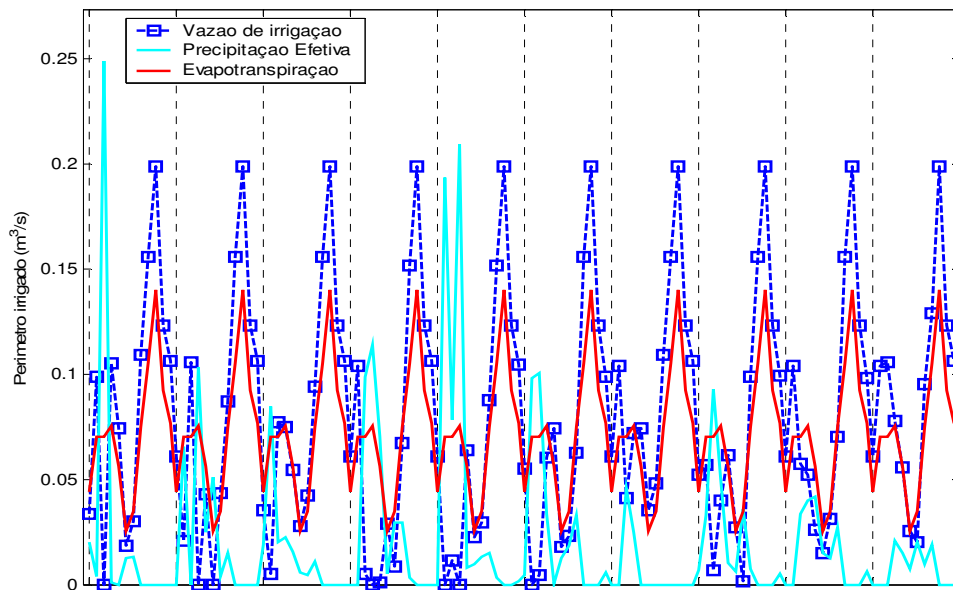


Gráfico 112 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C3H2.

No Gráfico 113 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

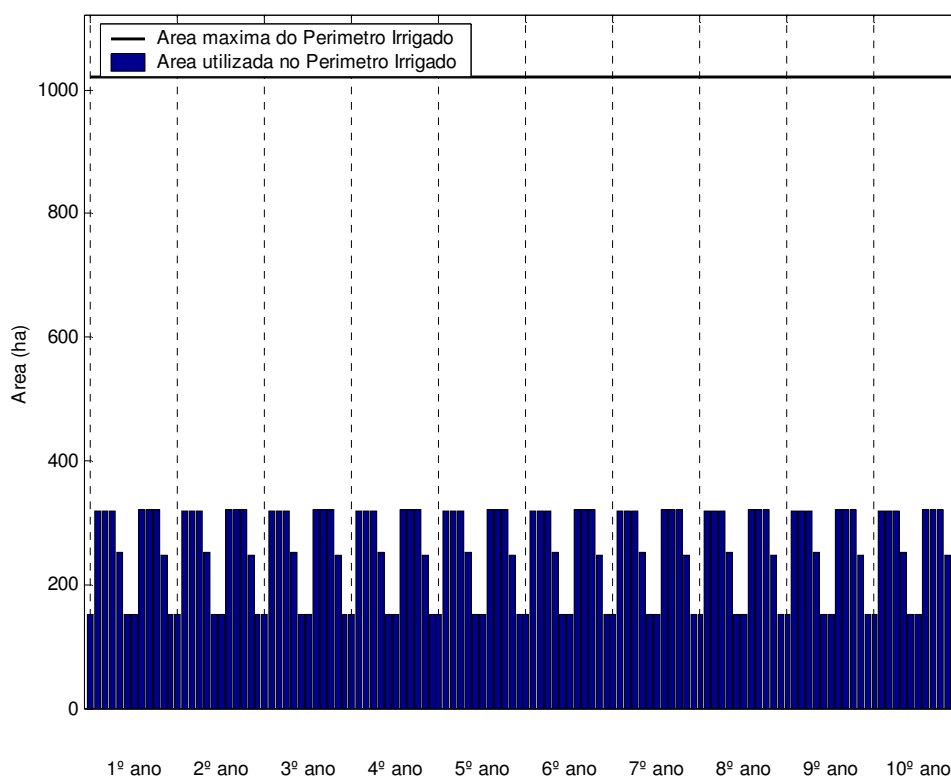


Gráfico 113 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C3H2.

Podemos ver na Tabela 128 que houve uma área cultivada total de 488 ha por ano (47% da área máxima do perímetro), distribuídos anualmente com 167 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 170 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 151 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas de manejo convencional não foram alocadas. As culturas de manejo orgânico ocuparam 488 ha (safra + entressafra + frutas).

Tabela 128 - Áreas das Culturas do cenário C3H2

**** MANEJO CONVENCIONAL - TOTAIS ****

| | |
|------------------------|---|
| Sazonais Safra conv = | - |
| Sazonais Entres conv = | - |
| Frutas conv = | - |
| Area Efetiva CONV = | - |
| Area TOTAL CONV = | - |

**** MANEJO ORGANICO - TOTAIS ****

| | |
|-----------------------|--------|
| Sazonais Safra ORG = | 167,16 |
| Sazonais Entres ORG = | 169,75 |
| Frutas ORG = | 150,75 |
| Area Efetiva ORG = | 320,50 |
| Area TOTAL ORG = | 487,66 |

***Totais Area Cultivada ***

| | |
|-------------------------|--------|
| Sazonais Safra = | 167,16 |
| Sazonais Entressafra = | 169,75 |
| Frutas = | 150,75 |
| Area Efetiva Plantada = | 320,50 |
| Area TOTAL GERAL = | 487,66 |

A Tabela 129 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 129 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C3H2 (insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|---------------|---------------------|----------------|------------|----------|----------|--------------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Adubacao | Adub+Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm ³) |
| tomate | - | - | - | - | - | - | 0 |
| pimentao | - | - | - | - | - | - | 0 |
| feijao | - | - | - | - | - | - | 0 |
| repolho | - | - | - | - | - | - | 0 |
| alface | - | - | - | - | - | - | 0 |
| cebola | - | - | - | - | - | - | 0 |
| tomate entr | - | - | - | - | - | - | 0 |
| pimentao entr | - | - | - | - | - | - | 0 |
| feijao entr | - | - | - | - | - | - | 0 |
| repolho entr | - | - | - | - | - | - | 0 |
| alface entr | - | - | - | - | - | - | 0 |
| cebola entr | - | - | - | - | - | - | 0 |
| banana | - | - | - | - | - | - | 0 |
| mamao | - | - | - | - | - | - | 0 |
| limao | - | - | - | - | - | - | 0 |
| goiaba | - | - | - | - | - | - | 0 |
| cebolaorg | 9,00 | 19.265,65 | 2.070 | - | - | - | 0,0027 |
| cebolaorg entr | 9,00 | 31.218,50 | 2.070 | - | - | - | 0,0092 |
| alfaceorg | 9,81 | 90.703,72 | 1.756 | - | - | - | 0,0048 |
| alfaceorg entr | 9,81 | 117.139,61 | 1.756 | - | - | - | 0,0148 |
| mamaoorg | 15,00 | 140.996,86 | 3.195 | - | - | - | 0,1452 |
| limaoorg | 15,00 | 1.401.359,39 | 1.950 | - | - | - | 0,1212 |
| goiabaorg | 15,00 | 98.475,09 | 1.905 | - | - | - | 0,1203 |
| repolhoorg | 15,75 | 192.393,86 | 2.473 | - | - | - | 0,0081 |
| repolhoorg entr | 23,79 | 360.324,85 | 3.735 | - | - | - | 0,0336 |
| feijaoorg | 40,76 | 45.766,40 | 3.546 | - | - | - | 0,1089 |
| feijaoorg entr | 40,76 | 71.811,37 | 3.546 | - | - | - | 0,2415 |
| tomateorg | 41,69 | 172.035,37 | 17.341 | - | - | - | 0,069 |
| tomateorg entr | 41,69 | 269.180,27 | 17.341 | - | - | - | 0,1667 |
| pimentaoorg ent | 44,70 | 1.042.058,26 | 9.476 | - | - | - | 0,1168 |
| pimentaoorg | 50,15 | 948.861,30 | 10.632 | - | - | - | 0,0449 |
| bananaorg | 105,75 | 1.695.643,68 | 25.486 | - | - | - | 1,3096 |
| TOTAL | 487,66 | 6.697.234,19 | 108.279 | - | - | - | 2,5172 |

Como podemos observar na Tabela 129, a minimização da adubação e defensivos químicos tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 6.697.234,19 (representando aproximadamente 31% do total do cenário C1H2, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 108.279 (aproximadamente 32% do total do cenário C2H2, que maximiza mão-de-obra) e um uso de adubos e defensivos químicos igual a zero.

As culturas da banana (orgânica e convencional), limão (orgânico e convencional), pimentão orgânico (safra e entressafra), pimentão convencional

(safra e entressafra) e tomate orgânico entressafra foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 114, temos a distribuição das culturas por área plantada.

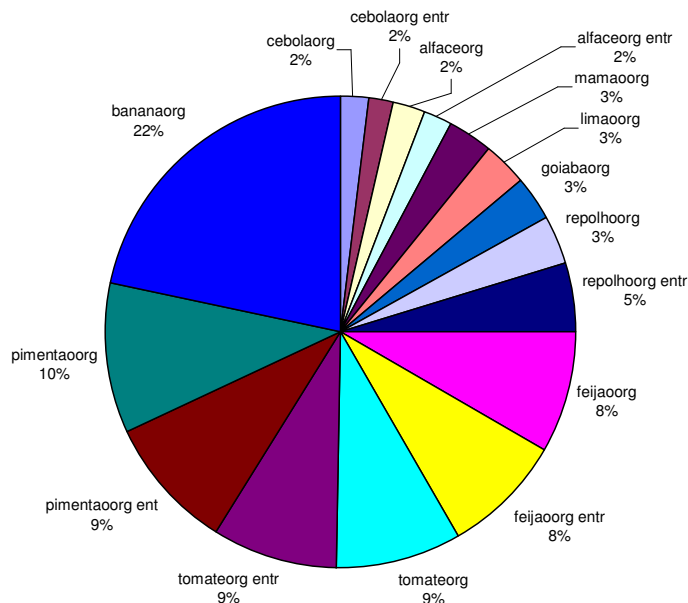


Gráfico 114 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 115, temos a distribuição por receita líquida em reais por ano.

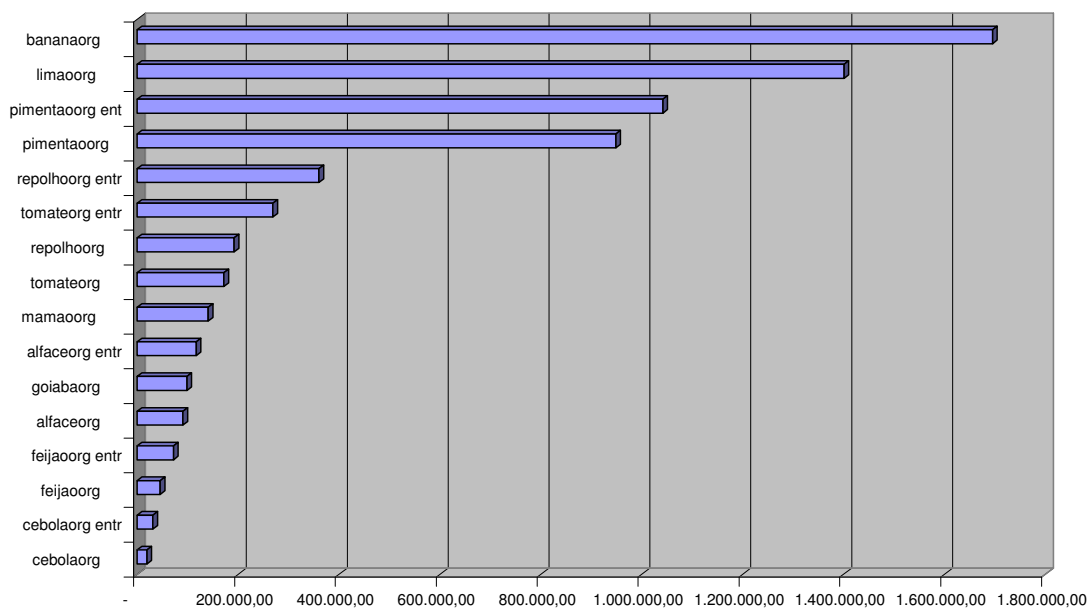


Gráfico 115 - Culturas com maior quantidade de adubação e defensivos químicos.

7.3.3.3.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C3H2

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 130) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 130 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C3H2.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|-------------|--------|
| 1,3371 | 1,4281 | 0,7002 | 0,322302086 | 0,2464 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,322302086 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 25%.

7.3.3.4 O Cenário C4H2 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)

Este cenário tem como objetivo maximizar a receita líquida e maximizar a mão-de-obra.

7.3.3.4.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C4H2.

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 131 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C4H2.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 131, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento

(η_v) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consuntivas (abastecimento humano e irrigação).

7.3.3.4.2 A agricultura irrigada no cenário C4H2

O Gráfico 116 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C4H2. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

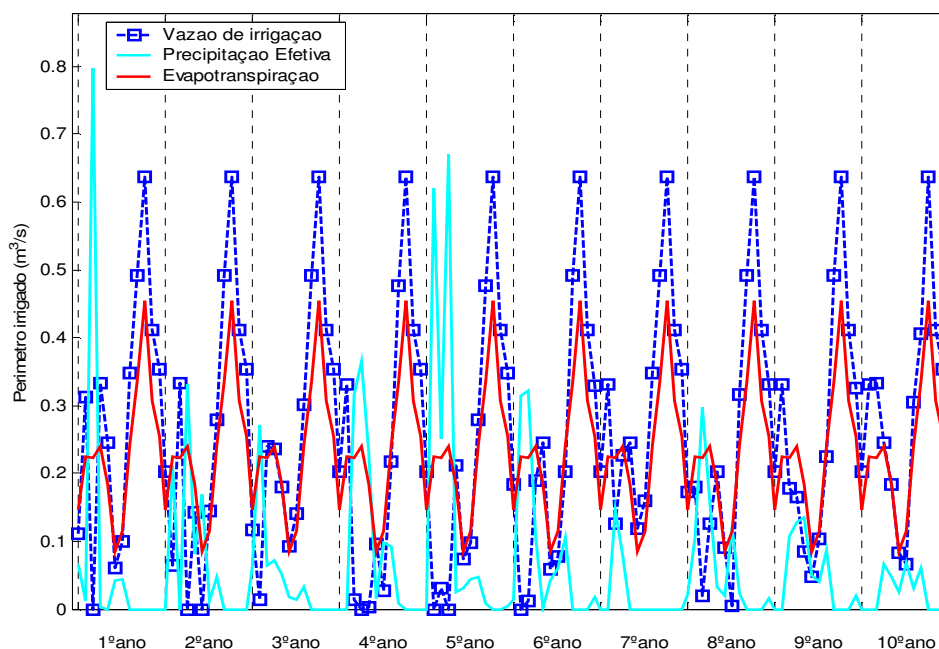


Gráfico 116 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C4H2.

No Gráfico 117 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

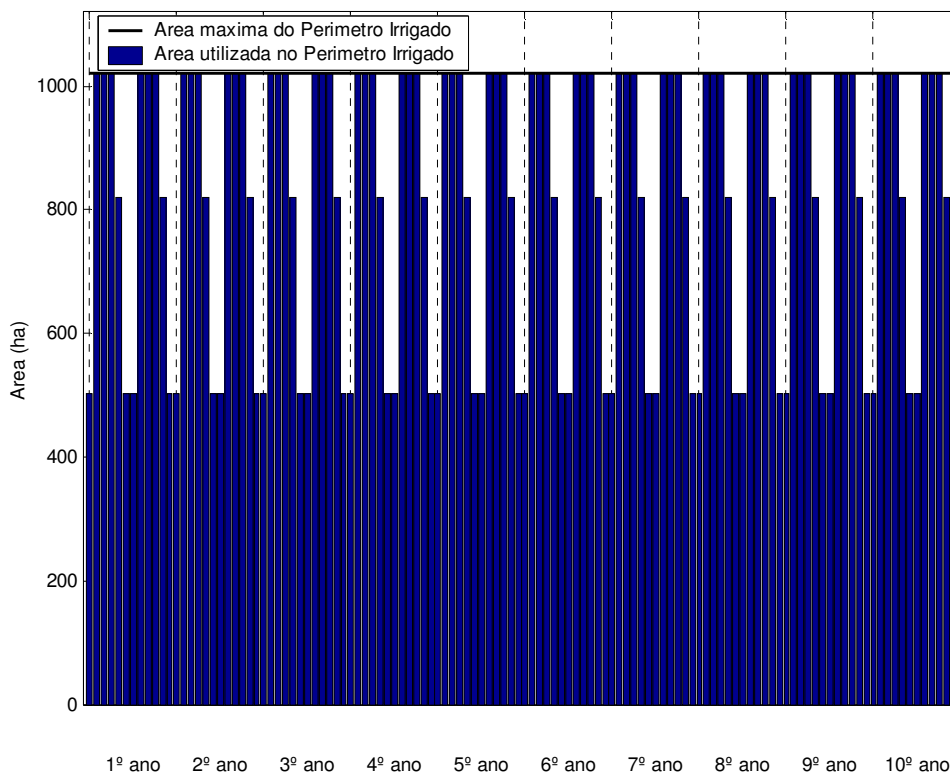


Gráfico 117 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C4H2.

Podemos ver na Tabela 132 que houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano (igual a área máxima do perímetro), distribuídos anualmente com 517 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 517 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 503 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas de manejo convencional ocuparam 474 ha (safra + entressafra + frutas) e as culturas de manejo orgânico ocuparam 1.063 ha (safra + entressafra + frutas). O total plantado com culturas orgânicas resultou em aproximadamente 2,2 vezes a mais que o total plantado com culturas convencionais.

Tabela 132 - Áreas das Culturas do cenário C4H2.

| | |
|--|----------|
| **** MANEJO CONVENCIONAL - TOTAIS **** | |
| Sazonais Safra conv = | 161,71 |
| Sazonais Entres conv = | 161,71 |
| Frutas conv = | 150,75 |
| Area Efetiva CONV = | 312,46 |
| Area TOTAL CONV = | 474,17 |
| **** MANEJO ORGANICO - TOTAIS **** | |
| Sazonais Safra ORG = | 355,79 |
| Sazonais Entres ORG = | 355,79 |
| Frutas ORG = | 351,75 |
| Area Efetiva ORG = | 707,54 |
| Area TOTAL ORG = | 1.063,33 |
| ***Totais Area Cultivada *** | |
| Sazonais Safra = | 517,50 |
| Sazonais Entressafra = | 517,50 |
| Frutas = | 502,50 |
| Area Efetiva Plantada = | 1.020,00 |
| Area TOTAL GERAL = | 1.537,50 |

A Tabela 133 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 133 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C4H2 (insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|--------------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Adubacao | Adub+Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm ³) |
| cebola | 9,00 | 13.867,67 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,00 |
| cebola entr | 9,00 | 27.035,56 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,01 |
| alface | 9,81 | 94.844,08 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,00 |
| alface entr | 9,81 | 124.523,56 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,01 |
| mamao | 15,00 | 101.267,34 | 2.880 | 255,00 | 14,01 | 14,27 | 0,15 |
| limao | 15,00 | 1.306.796,35 | 1.695 | 122,55 | 14,01 | 14,13 | 0,12 |
| goiaba | 15,00 | 61.355,54 | 1.650 | 201,30 | 14,01 | 14,21 | 0,12 |
| repolho | 15,75 | 196.714,62 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,01 |
| repolho entr | 15,75 | 251.120,97 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,02 |
| cebolaorg | 21,00 | 44.953,13 | 4.830 | - | - | - | 0,01 |
| cebolaorg entr | 21,00 | 72.843,05 | 4.830 | - | - | - | 0,02 |
| alfaceorg entr | 22,89 | 273.324,91 | 4.097 | - | - | - | 0,03 |
| alfaceorg | 22,89 | 211.641,57 | 4.097 | - | - | - | 0,01 |
| goiabaorg | 35,00 | 229.774,69 | 4.445 | - | - | - | 0,28 |
| mamaoorg | 35,00 | 328.992,51 | 7.455 | - | - | - | 0,34 |
| limaoorg | 35,00 | 3.269.837,94 | 4.550 | - | - | - | 0,28 |
| repolhoorg entr | 36,75 | 556.558,01 | 5.770 | - | - | - | 0,05 |
| repolhoorg | 36,75 | 448.917,32 | 5.770 | - | - | - | 0,02 |
| feijao | 40,76 | 55.381,60 | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | 0,11 |
| feijao entr | 40,76 | 85.535,56 | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | 0,24 |
| tomate | 41,69 | 136.913,30 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,07 |
| tomate entr | 41,69 | 256.985,00 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,17 |
| pimentao | 44,70 | 857.898,67 | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | 0,04 |
| pimentao entr | 44,70 | 1.086.424,55 | 8.582 | 1.564,51 | 62,58 | 64,14 | 0,12 |
| feijaoorg | 73,59 | 82.620,66 | 6.402 | - | - | - | 0,20 |
| feijaoorg entr | 73,59 | 129.638,82 | 6.402 | - | - | - | 0,44 |
| tomateorg | 97,27 | 401.415,82 | 40.462 | - | - | - | 0,16 |
| tomateorg entr | 97,27 | 628.087,21 | 40.462 | - | - | - | 0,39 |
| pimentaoorg ent | 104,30 | 2.431.465,20 | 22.112 | - | - | - | 0,27 |
| pimentaoorg | 104,30 | 1.973.345,01 | 22.112 | - | - | - | 0,09 |
| banana | 105,75 | 1.498.908,68 | 22.525 | 740,25 | 74,03 | 74,77 | 1,31 |
| bananaorg | 246,75 | 3.956.501,66 | 59.467 | - | - | - | 3,06 |
| TOTAL | 1.537,50 | 21.195.490,54 | 337.302 | 7.586,07 | 463,61 | 471,20 | 8,15 |

Como podemos observar na Tabela 133, a maximização da receita líquida e a maximização da mão-de-obra tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 21.195.490 (quase igual ao cenário C1H2, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 337.302 (1.006 diárias a menos que o cenário C2H2, que maximiza mão-de-obra) e um uso de adubos e defensivos químicos de 471,20 toneladas.

As culturas da banana (orgânica e convencional), limão (orgânico e convencional), pimentão orgânico (safra e entressafra), pimentão convencional

(safra e entressafra), e tomate orgânico entressafra foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 118, temos a distribuição das culturas por área plantada.

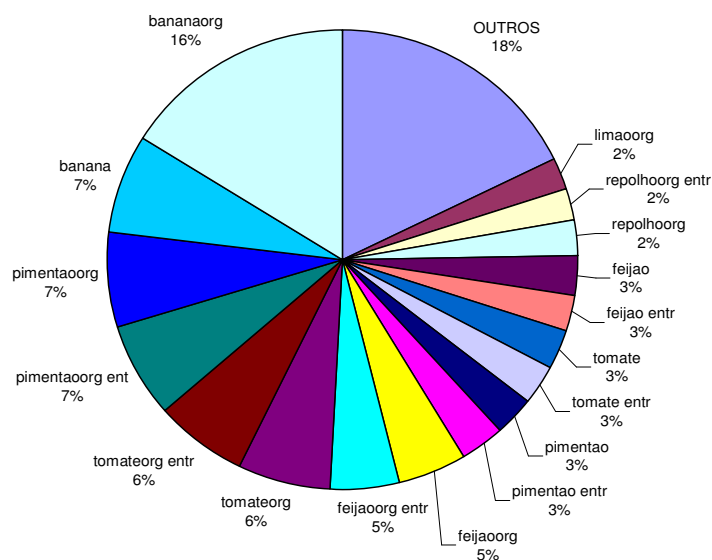


Gráfico 118 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 119, temos a distribuição por receita líquida em Reais.

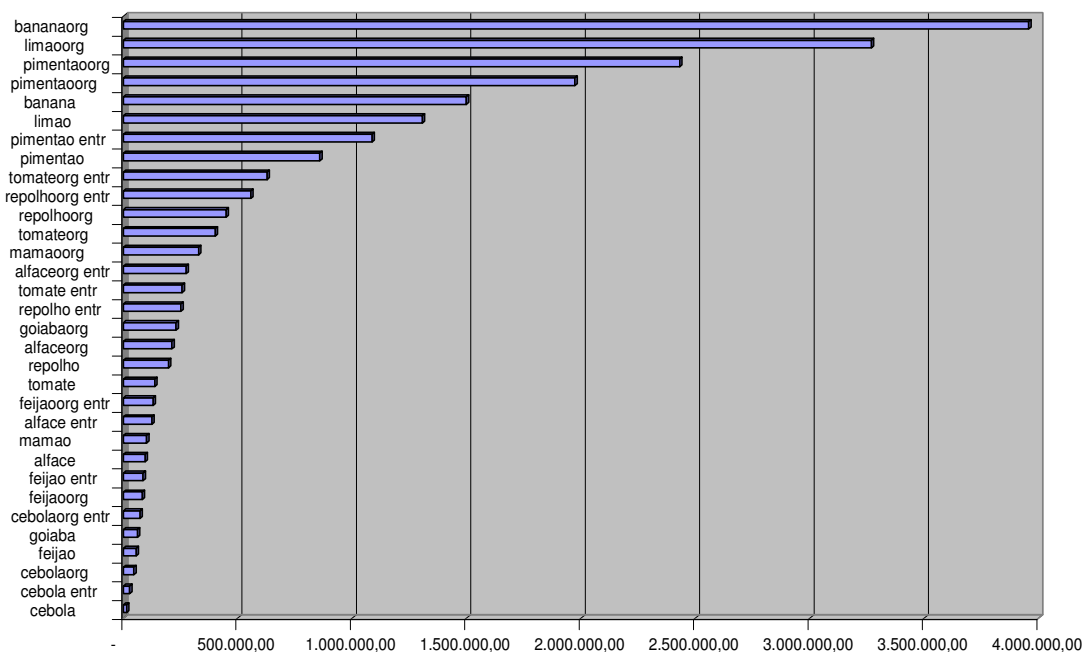


Gráfico 119 - Culturas com maior receita líquida em Reais.

7.3.3.4.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C4H2

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 134) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 134 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C4H2.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|----------|--------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,322113 | 0,7983 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 33% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,322113 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 71%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.3.3.5 O Cenário C5H2 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)

Este cenário tem como objetivo maximizar a receita líquida e minimizar o uso de adubação e defensivos químicos.

7.3.3.5.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C5H2.

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 135 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C5H2.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 135, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento

(η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consuntivas (abastecimento humano e irrigação).

7.3.3.5.2 A agricultura irrigada no cenário C5H2

O Gráfico 120 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C5H2. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

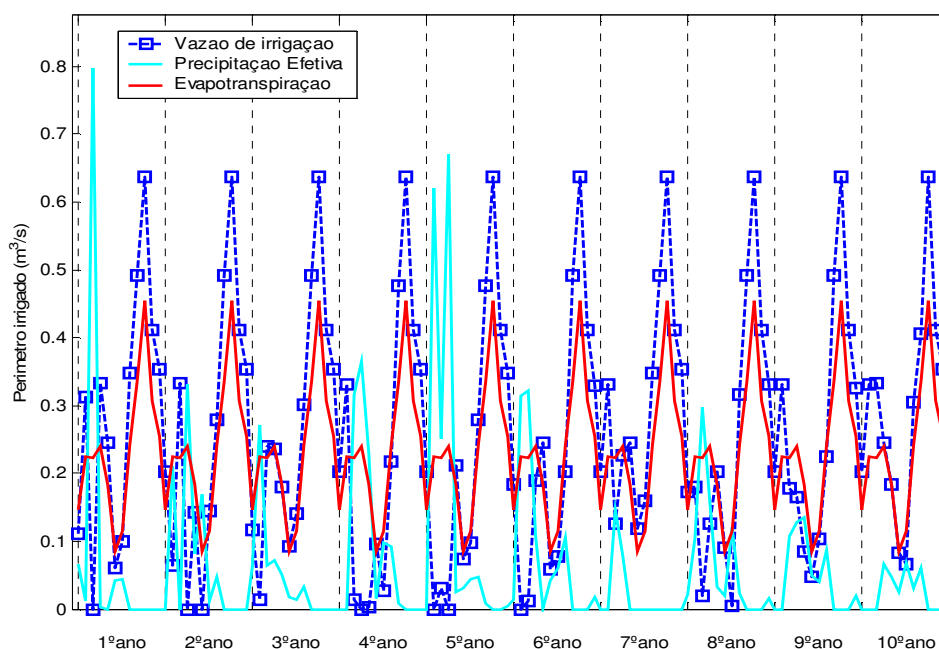


Gráfico 120 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C5H2.

No Gráfico 121 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

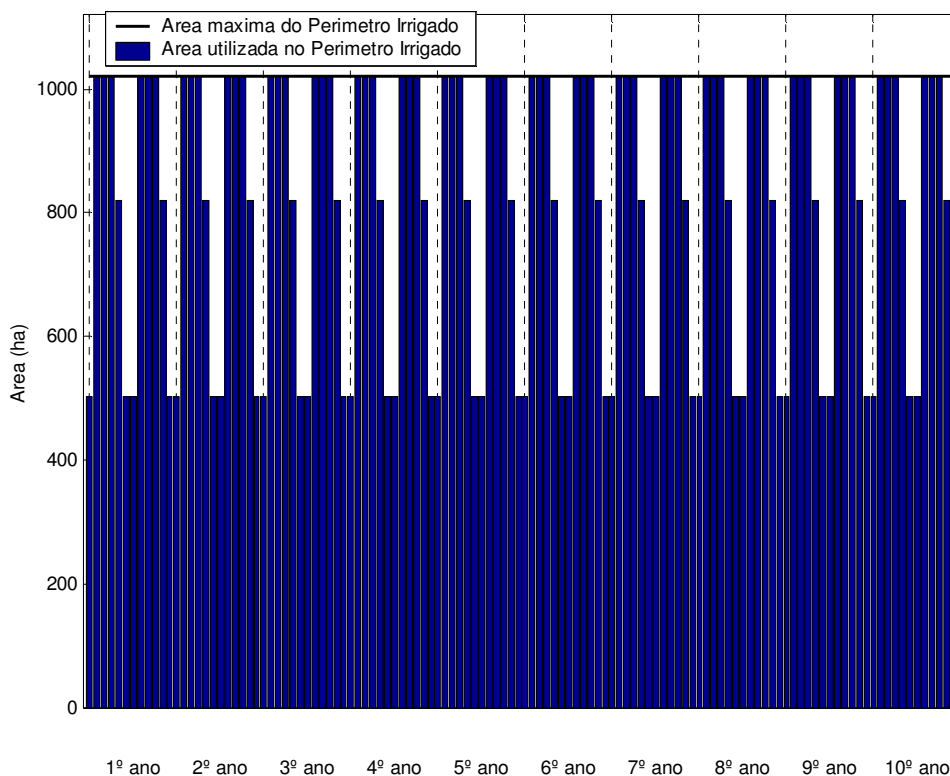


Gráfico 121 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C5H2.

Podemos ver na Tabela 136 que houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano (igual a área máxima do perímetro), distribuídos anualmente com 517 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 517 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 503 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas de manejo convencional ocuparam 474 ha (safra + entressafra + frutas) e as culturas de manejo orgânico ocuparam 1.063 ha (safra + entressafra + frutas). O total plantado com culturas orgânicas resultou em aproximadamente 2,2 vezes a mais que o total plantado com culturas convencionais.

Tabela 136 - Áreas das Culturas do cenário C5H2.

**** MANEJO CONVENCIONAL - TOTAIS ****

| | |
|------------------------|--------|
| Sazonais Safra conv = | 161,71 |
| Sazonais Entres conv = | 161,71 |
| Frutas conv = | 150,75 |
| Area Efetiva CONV = | 312,46 |
| Area TOTAL CONV = | 474,17 |

**** MANEJO ORGANICO - TOTAIS ****

| | |
|-----------------------|----------|
| Sazonais Safra ORG = | 355,79 |
| Sazonais Entres ORG = | 355,79 |
| Frutas ORG = | 351,75 |
| Area Efetiva ORG = | 707,54 |
| Area TOTAL ORG = | 1.063,33 |

***Totais Area Cultivada ***

| | |
|-------------------------|----------|
| Sazonais Safra = | 517,50 |
| Sazonais Entressafra = | 517,50 |
| Frutas = | 502,50 |
| Area Efetiva Plantada = | 1.020,00 |
| Area TOTAL GERAL = | 1.537,50 |

A Tabela 137 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 137 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C5H2 (insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|--------------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Adubacao | Adub+Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm ³) |
| cebola | | 13.867,63 | | | | | 0,0027 |
| | 9,00 | | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | |
| cebola entr | | 27.035,48 | | | | | 0,0092 |
| | 9,00 | | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | |
| alface | | 94.843,64 | | | | | 0,0048 |
| | 9,81 | | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | |
| alface entr | | 124.522,71 | | | | | 0,0148 |
| | 9,81 | | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | |
| mamao | | 101.267,26 | | | | | 0,1452 |
| | 15,00 | | 2.880 | 255,00 | 14,01 | 14,27 | |
| limao | | 1.306.795,80 | | | | | 0,1212 |
| | 15,00 | | 1.695 | 122,55 | 14,01 | 14,13 | |
| goiaba | | 61.355,49 | | | | | 0,1203 |
| | 15,00 | | 1.650 | 201,30 | 14,01 | 14,21 | |
| repolho | | 196.713,75 | | | | | 0,0081 |
| | 15,75 | | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | |
| repolho entr | | 251.115,91 | | | | | 0,0223 |
| | 15,75 | | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | |
| cebolaorg | | 44.953,18 | | | | | 0,0062 |
| | 21,00 | | 4.830 | - | - | - | |
| cebolaorg entr | | 72.843,15 | | | | | 0,0214 |
| | 21,00 | | 4.830 | - | - | - | |
| alfaceorg | | 211.642,01 | | | | | 0,0112 |
| | 22,89 | | 4.097 | - | - | - | |
| alfaceorg entr | | 273.325,74 | | | | | 0,0346 |
| | 22,89 | | 4.097 | - | - | - | |
| mamaoorg | | 328.992,66 | | | | | 0,3388 |
| | 35,00 | | 7.455 | - | - | - | |
| limaoorg | | 3.269.838,57 | | | | | 0,2828 |
| | 35,00 | | 4.550 | - | - | - | |
| goiabaorg | | 229.775,19 | | | | | 0,2806 |
| | 35,00 | | 4.445 | - | - | - | |
| repolhoorg | | 448.918,21 | | | | | 0,0189 |
| | 36,75 | | 5.770 | - | - | - | |
| repolhoorg entr | | 556.562,84 | | | | | 0,0519 |
| | 36,75 | | 5.770 | - | - | - | |
| feijao | | 55.381,46 | | | | | 0,1089 |
| | 40,76 | | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | |
| feijao entr | | 85.535,29 | | | | | 0,2415 |
| | 40,76 | | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | |
| tomate | | 136.913,26 | | | | | 0,069 |
| | 41,69 | | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | |
| tomate entr | | 256.984,91 | | | | | 0,1667 |
| | 41,69 | | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | |
| pimentao | | 857.897,76 | | | | | 0,04 |
| | 44,70 | | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | |
| pimentao entr | | 1.086.420,33 | | | | | 0,1168 |
| | 44,70 | | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | |
| feijaoorg | | 82.620,81 | | | | | 0,1967 |
| | 73,59 | | 6.402 | - | - | - | |
| feijaoorg entr | | 129.639,14 | | | | | 0,4359 |
| | 73,59 | | 6.402 | - | - | - | |
| tomateorg | | 401.415,86 | | | | | 0,1611 |
| | 97,27 | | 40.462 | - | - | - | |
| tomateorg entr | | 628.087,30 | | | | | 0,389 |
| | 97,27 | | 40.462 | - | - | - | |
| pimentaoorg | | 1.973.345,93 | | | | | 0,0933 |
| | 104,30 | | 22.112 | - | - | - | |
| pimentaoorg ent | | 2.431.469,28 | | | | | 0,2724 |
| | 104,30 | | 22.112 | - | - | - | |
| banana | | 1.498.908,49 | | | | | 1,3096 |
| | 105,75 | | 22.525 | 740,25 | 74,03 | 74,77 | |
| bananaorg | | 3.956.501,90 | | | | | 3,0556 |
| | 246,75 | | 59.467 | - | - | - | |
| TOTAL | 1.537,50 | 21.195.490,96 | 337.302 | 7.586,06 | 463,61 | 471,20 | 8,1515 |

Como podemos observar na Tabela 137, a maximização da receita líquida e a minimização da adubação e defensivos químicos tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 21.195.490 (quase igual ao cenário C1H2, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 337.302 (1.006 diárias a menos que o cenário C2H2, que maximiza mão-de-obra) e um uso de adubos e defensivos químicos de 471,20 toneladas.

As culturas da banana (orgânica e convencional), limão (orgânico e convencional), pimentão orgânico (safra e entressafra) e pimentão convencional (safra e entressafra) e tomate orgânico entressafra foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 122, temos a distribuição das culturas por área plantada.

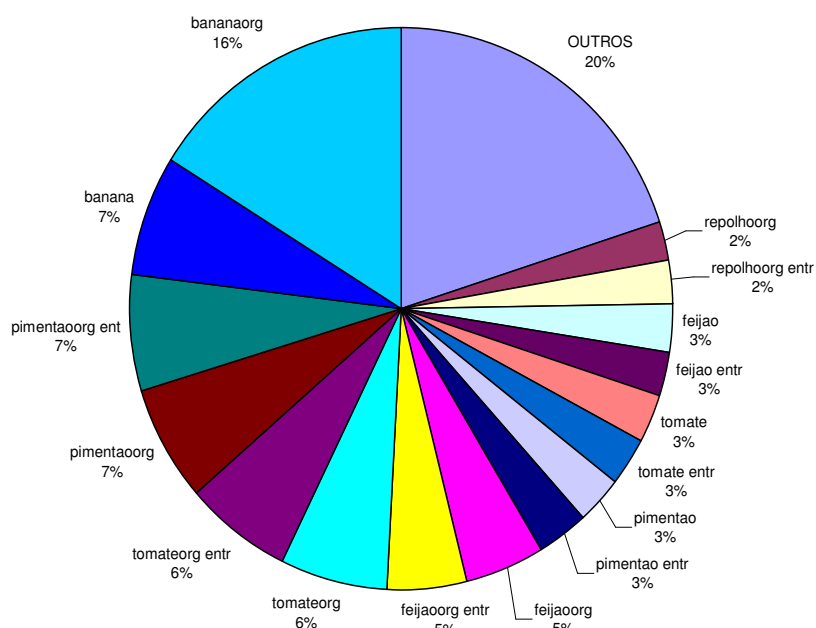


Gráfico 122 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 123, temos a distribuição por receita líquida em reais.

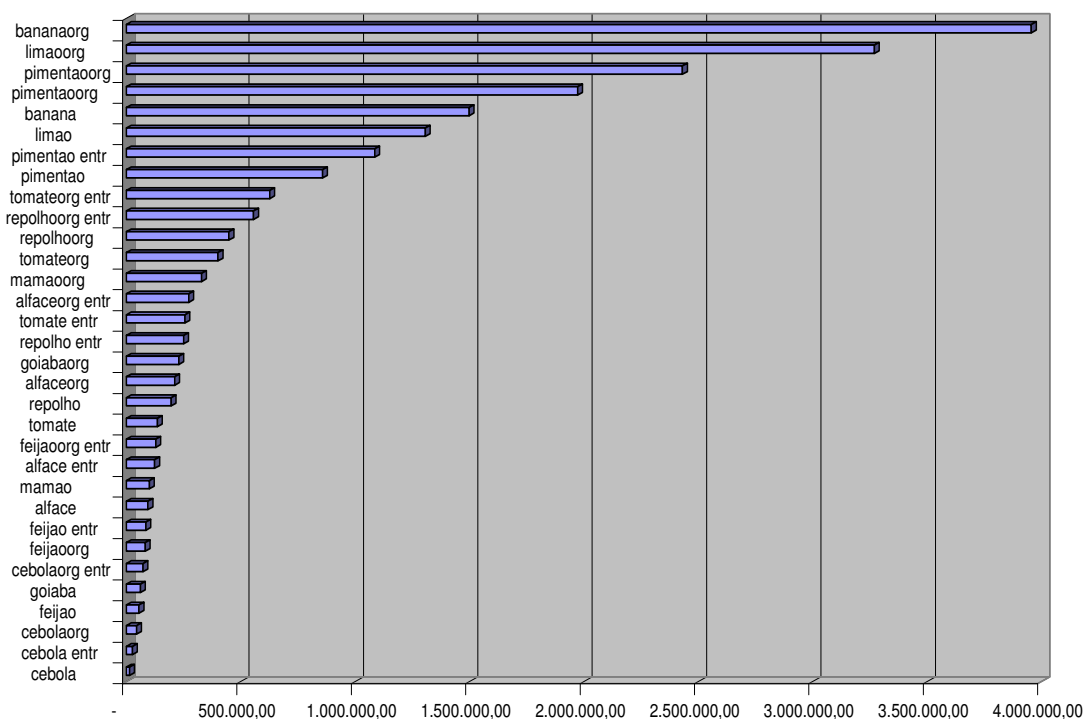


Gráfico 123 - Culturas com maior receita líquida.

7.3.3.5.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C5H2

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 138) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RCG, FMA e CUI.

Tabela 138 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C5H2.

| FRA | FRI | RCG | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|----------|--------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,322113 | 0,7983 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 33% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,322113 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 71%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.3.3.6 O Cenário C6H2 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)

Este cenário tem como objetivo maximizar a mão-de-obra e minimizar a adubação e defensivos químicos.

7.3.3.6.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C6H2.

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 139 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C6H2.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7197 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 139, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento (η_V) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consuntivas (abastecimento humano e irrigação).

7.3.3.6.2 A agricultura irrigada no cenário C6H2

O Gráfico 124 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C6H2. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a

demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

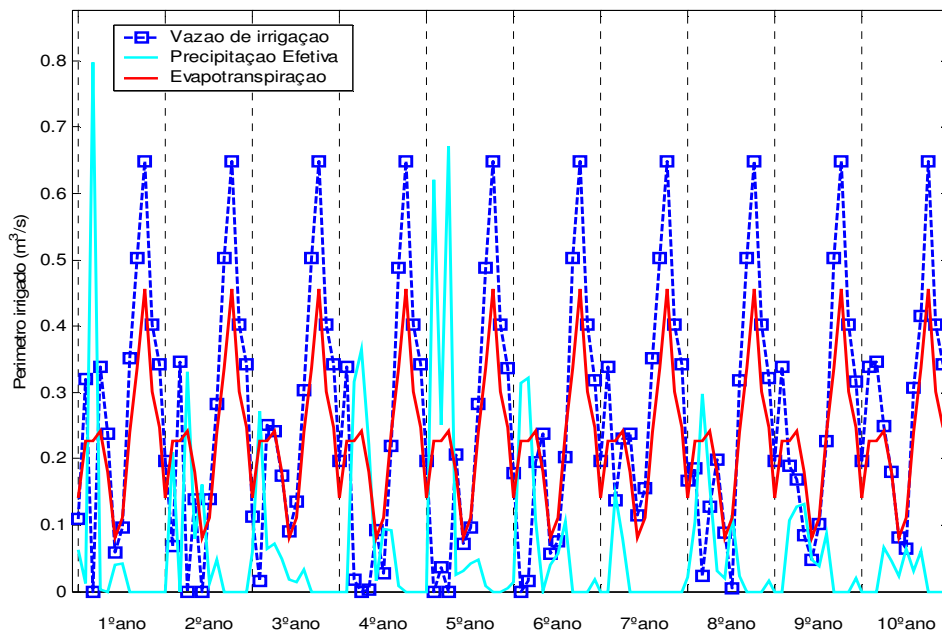


Gráfico 124 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C6H2.

No Gráfico 125 são mostradas as áreas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

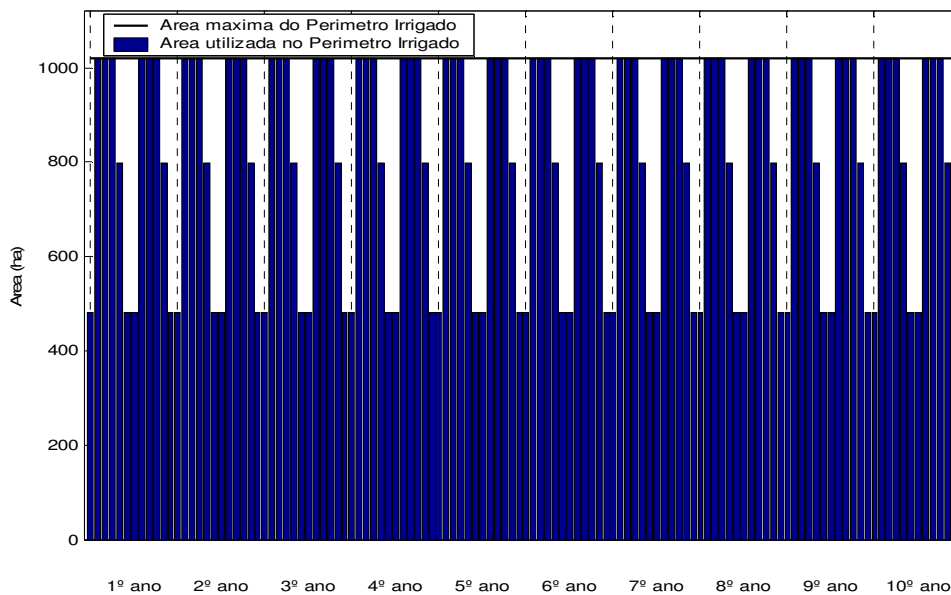


Gráfico 125 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C6H2.

Podemos ver na Tabela 140 que houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano (igual a área máxima do perímetro), distribuídos anualmente com 539 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 539 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 481 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

Tabela 140 - Áreas das Culturas do cenário C6H2.

| | |
|--|----------|
| **** MANEJO CONVENCIONAL - TOTAIS **** | |
| Sazonais Safra conv = | 161,71 |
| Sazonais Entres conv = | 161,71 |
| Frutas conv = | 150,75 |
| Area Efetiva CONV = | 312,46 |
| Area TOTAL CONV = | 474,17 |
| **** MANEJO ORGANICO - TOTAIS **** | |
| Sazonais Safra ORG = | 377,32 |
| Sazonais Entres ORG = | 377,32 |
| Frutas ORG = | 330,23 |
| Area Efetiva ORG = | 707,54 |
| Area TOTAL ORG = | 1.084,86 |
| ***Totais Area Cultivada *** | |
| Sazonais Safra = | 539,03 |
| Sazonais Entressafra = | 539,03 |
| Frutas = | 480,98 |
| Area Efetiva Plantada = | 1.020,00 |
| Area TOTAL GERAL = | 1.559,02 |

As culturas de manejo convencional ocuparam 474 ha (safra + entressafra + frutas) e as culturas de manejo orgânico ocuparam 1.085 ha (safra + entressafra + frutas). O total plantado com culturas orgânicas resultou em aproximadamente 2,3 vezes a mais que o total plantado com culturas convencionais.

A Tabela 141 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 141 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C6H2 (insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|--------------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Adubacao | Adub+Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm ³) |
| cebola | 9,00 | 13.867,63 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0027 |
| cebola entr | 9,00 | 27.035,48 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0092 |
| alface | 9,81 | 94.843,64 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,0048 |
| alface entr | 9,81 | 124.522,71 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,0148 |
| mamao | 15,00 | 101.267,26 | 2.880 | 255,00 | 14,01 | 14,27 | 0,1452 |
| limao | 15,00 | 1.306.795,81 | 1.695 | 122,55 | 14,01 | 14,13 | 0,1212 |
| goiaba | 15,00 | 61.355,49 | 1.650 | 201,30 | 14,01 | 14,21 | 0,1203 |
| goiabaorg | 15,00 | 98.475,53 | 1.905 | - | - | - | 0,1203 |
| repolho | 15,75 | 196.713,75 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,0081 |
| repolho entr | 15,75 | 251.115,92 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,0223 |
| cebolaorg | 21,00 | 44.953,19 | 4.830 | - | - | - | 0,0062 |
| cebolaorg entr | 21,00 | 72.843,16 | 4.830 | - | - | - | 0,0214 |
| alfaceorg | 22,89 | 211.642,01 | 4.097 | - | - | - | 0,0112 |
| alfaceorg entr | 22,89 | 273.325,73 | 4.097 | - | - | - | 0,0346 |
| limaoorg | 33,47 | 3.127.358,14 | 4.352 | - | - | - | 0,2705 |
| mamaoorg | 35,00 | 328.992,66 | 7.455 | - | - | - | 0,3388 |
| repolhoorg | 36,75 | 448.918,20 | 5.770 | - | - | - | 0,0189 |
| repolhoorg entr | 36,75 | 556.562,83 | 5.770 | - | - | - | 0,0519 |
| feijao | 40,76 | 55.381,46 | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | 0,1089 |
| feijao entr | 40,76 | 85.535,29 | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | 0,2415 |
| tomate | 41,69 | 136.913,26 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,069 |
| tomate entr | 41,69 | 256.984,91 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,1667 |
| pimentao | 44,70 | 857.897,76 | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | 0,04 |
| pimentao entr | 44,70 | 1.086.420,33 | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | 0,1168 |
| feijaoorg | 95,11 | 106.788,26 | 8.275 | - | - | - | 0,2542 |
| feijaoorg entr | 95,11 | 167.559,85 | 8.275 | - | - | - | 0,5634 |
| tomateorg | 97,27 | 401.415,87 | 40.462 | - | - | - | 0,1611 |
| tomateorg entr | 97,27 | 628.087,30 | 40.462 | - | - | - | 0,389 |
| pimentaorg | 104,30 | 1.973.345,92 | 22.112 | - | - | - | 0,0933 |
| pimentaorg ent | 104,30 | 2.431.469,26 | 22.112 | - | - | - | 0,2724 |
| banana | 105,75 | 1.498.908,49 | 22.525 | 740,25 | 74,03 | 74,77 | 1,3096 |
| bananaorg | 246,75 | 3.956.501,89 | 59.467 | - | - | - | 3,0556 |
| TOTAL | 1.559,02 | 20.983.799,00 | 338.309 | 7.586,06 | 463,61 | 471,20 | 8,1639 |

Como podemos observar na Tabela 141, a maximização da mão-de-obra e a minimização da adubação e defensivos químicos tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 20.983.799 (representando 98% do cenário C1H2, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 338.309 (igual ao cenário C2H2, que maximiza mão-de-obra) e um uso de adubos e defensivos químicos de 471,20 toneladas.

As culturas da banana (orgânica e convencional), tomate orgânico (safra e entressafra), tomate convencional (safra e entressafra), pimentão orgânico

(safra e entressafra) e pimentão convencional (safra e entressafra) foram as que geraram maior mão-de-obra.

No Gráfico 126, temos a distribuição das culturas por área plantada.

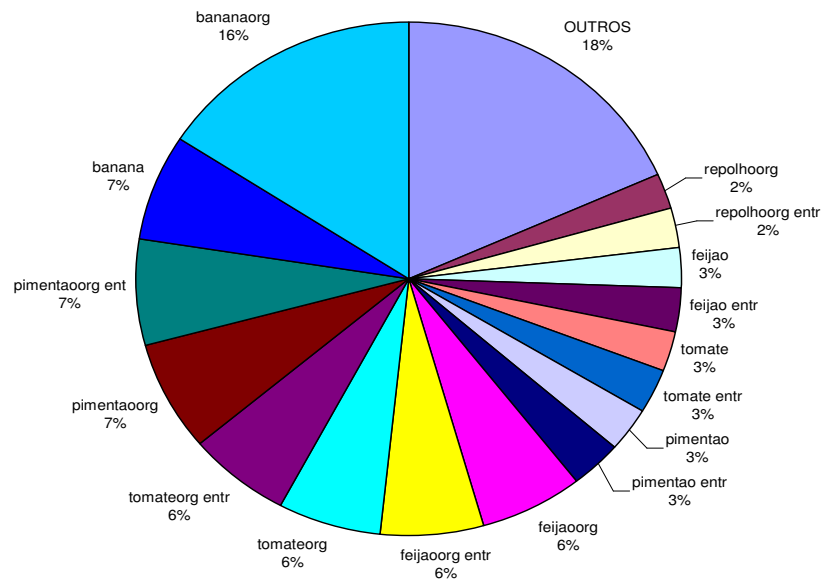


Gráfico 126 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 127, temos a distribuição por mão-de-obra em homens/dia.

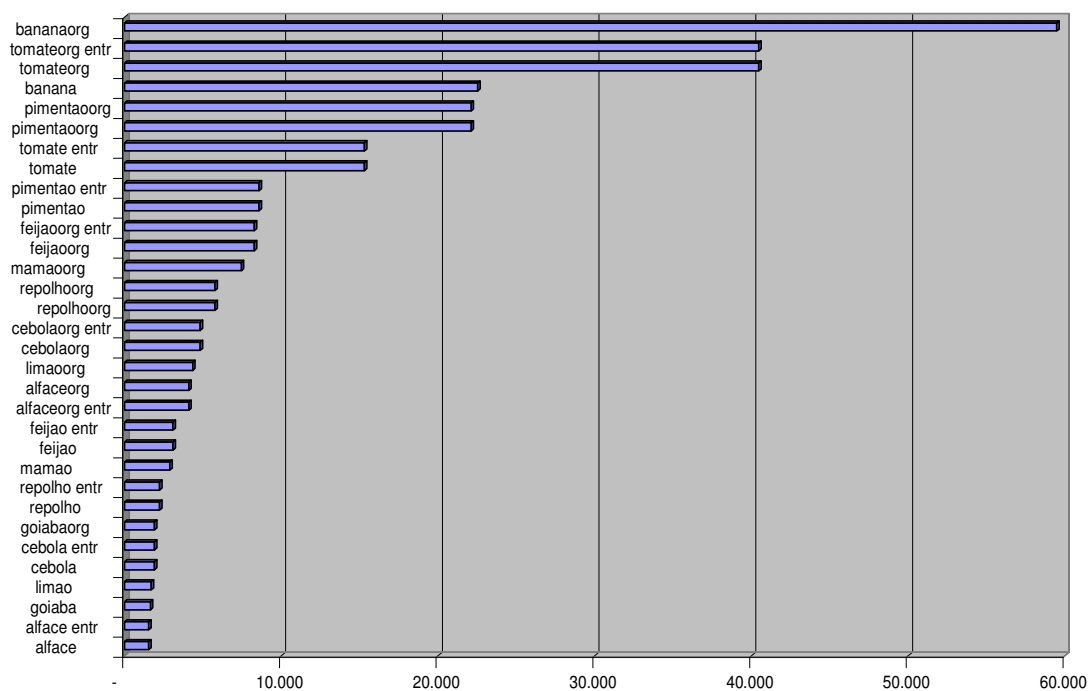


Gráfico 127 - Culturas com maior mão-de-obra.

7.3.3.6.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C6H2

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 142) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 142 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C6H2.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|--------|--------|--------|----------|--------|
| 1,3397 | 1,4308 | 0,6989 | 0,326908 | 0,7877 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 34% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,326908 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 43% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 70%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 79%.

7.3.3.7 O Cenário C7H2 – Proposta integrada de manejo convencional e manejo orgânico (mix de culturas)

Este cenário tem como objetivo maximizar a receita líquida, maximizar a mão-de-obra e minimizar a adubação e defensivos químicos.

7.3.3.7.1 Índices de eficiência do reservatório para o cenário C7H2.

O reservatório também é analisado através de índices de eficiência associados aos reservatórios, são eles:

Tabela 143 - Índices de eficiência associados ao reservatório no cenário C7H2.

| η_{Vr} | η_E | η_P | η_V | η_e | η_d | IAP | IUD | IUP |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| -0,0119 | 0,1772 | 0,0783 | 0,6642 | 0 | 0,1705 | 0,2369 | 0,7196 | 0,1705 |

Como podemos observar na Tabela 143, o η_{Vr} tem um valor negativo muito pequeno mostrando que o volume final do reservatório após os 10 anos é um pouco abaixo do volume inicial (-1%). O índice η_E nos mostra que 18% de suas afluições foram perdidas por evaporação. O percentual de precipitação direta sobre o reservatório (η_P) foi muito pequeno, apenas 7,8%, sendo a maior contribuição da vazão dada pela bacia do reservatório. O índice de vertimento

(η_v) foi bastante alto nesta série com 66% da água vertida. Por motivos operacionais, não há descarga de fundo, ficando o valor do η_e igual a zero. O η_d nos mostra que 17% da água do reservatório foi destinada para as demandas (abastecimento humano e irrigação).

Analisando os valores dos indicadores para o sistema do reservatório é possível verificar pelo indicador IAP que apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento). De toda água disponível, 72% é utilizada nas demandas (IUD) e da potencialidade hídrica possível da bacia, apenas 17% foi usada para atender as demandas consultivas (abastecimento humano e irrigação).

7.3.3.7.2 A agricultura irrigada no cenário C7H2

O Gráfico 128 mostra a vazão de irrigação, a precipitação efetiva e a evapotranspiração para as áreas irrigadas para o cenário C7H2. Observa-se que no perímetro a precipitação efetiva foi incorporada para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas e as vazões de irrigação foram vazões de suplementação hídrica.

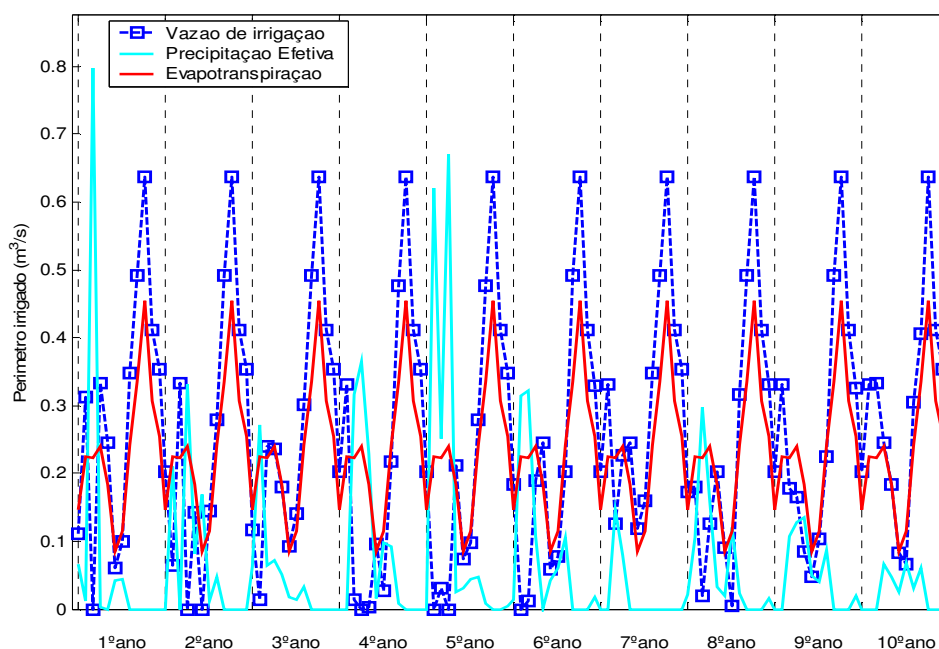


Gráfico 128 - Vazão de Irrigação, Precipitação Efetiva e Evapotranspiração das áreas irrigadas para o cenário C7H2.

No Gráfico 129 são mostradas as áreas cultivadas (mês a mês) durante a série de 10 anos de otimização.

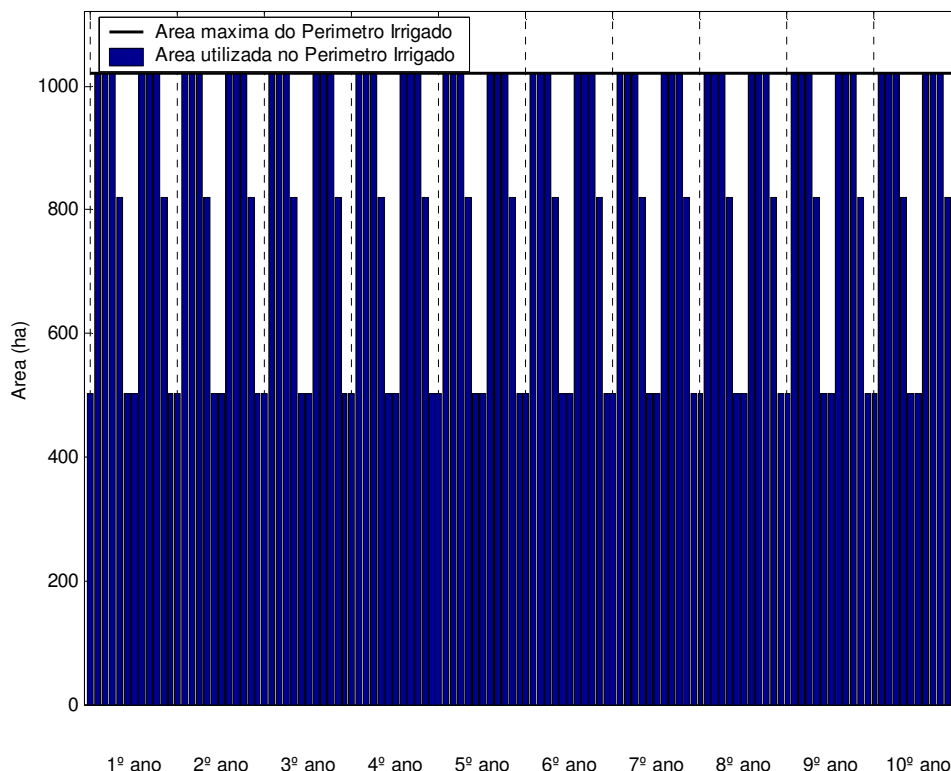


Gráfico 129 - Área plantada nas áreas irrigadas para o Cenário C7H2.

Podemos ver na Tabela 144 que houve uma área cultivada total de 1.020 ha por ano (igual a área máxima do perímetro), distribuídos anualmente com 517 ha para as culturas sazonais de safra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola), 517 ha para as culturas sazonais de entressafra (tomate, pimentão, feijão, repolho, alface e cebola) e 503 ha para as culturas perenes – frutas (banana, mamão, limão e goiaba).

As culturas de manejo convencional ocuparam 474 ha (safra + entressafra + frutas) e as culturas de manejo orgânico ocuparam 1.063 ha (safra + entressafra + frutas). O total plantado com culturas orgânicas resultou em aproximadamente 2,2 vezes a mais que o total plantado com culturas convencionais.

Tabela 144 - Áreas das Culturas do cenário C7H2.

| | |
|--|----------|
| **** MANEJO CONVENCIONAL - TOTAIS **** | |
| Sazonais Safra conv = | 161,71 |
| Sazonais Entres conv = | 161,71 |
| Frutas conv = | 150,75 |
| Area Efetiva CONV = | 312,46 |
| Area TOTAL CONV = | 474,17 |
| **** MANEJO ORGANICO - TOTAIS **** | |
| Sazonais Safra ORG = | 355,79 |
| Sazonais Entres ORG = | 355,79 |
| Frutas ORG = | 351,75 |
| Area Efetiva ORG = | 707,54 |
| Area TOTAL ORG = | 1.063,34 |
| ***Totais Area Cultivada *** | |
| Sazonais Safra = | 517,50 |
| Sazonais Entressafra = | 517,50 |
| Frutas = | 502,50 |
| Area Efetiva Plantada = | 1.020,00 |
| Area TOTAL GERAL = | 1.537,50 |

A Tabela 145 mostra as culturas alocadas por ha, a receita líquida por ha, a mão-de-obra (em homens-dia), a quantidade de defensivos (kg), adubação química (toneladas), e o volume requerido por cultura (Qirrig), por ano.

Tabela 145 - Dados das culturas das áreas irrigadas para o cenário C7H2 (insumos/ano).

| DADOS DAS CULTURAS DO PERIMETRO IRRIGADO (insumos/ano) | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|--------------------|
| Culturas | Area Plant | Rec.Liq | Mao-de-Obra | Defensivos | Adubacao | Adub+Def | QirrCultura |
| | (ha) | (R\$) | (H/D) | (kg) | (T) | (T) | (hm ³) |
| cebola | 9,00 | 13.867,64 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0027 |
| cebola entr | 9,00 | 27.035,48 | 1.899 | 108,00 | 6,30 | 6,41 | 0,0092 |
| alface | 9,81 | 94.843,65 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,0048 |
| alface entr | 9,81 | 124.522,72 | 1.530 | 68,67 | 9,16 | 9,23 | 0,0148 |
| mamao | 15,00 | 101.267,26 | 2.880 | 255,00 | 14,01 | 14,27 | 0,1452 |
| limao | 15,00 | 1.306.795,85 | 1.695 | 122,55 | 14,01 | 14,13 | 0,1212 |
| goiaba | 15,00 | 61.355,49 | 1.650 | 201,30 | 14,01 | 14,21 | 0,1203 |
| repolho | 15,75 | 196.713,75 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,0081 |
| repolho entr | 15,75 | 251.115,92 | 2.237 | 63,00 | 18,38 | 18,44 | 0,0223 |
| cebolaorg | 21,00 | 44.953,18 | 4.830 | - | - | - | 0,0062 |
| cebolaorg entr | 21,00 | 72.843,15 | 4.830 | - | - | - | 0,0214 |
| alfaceorg | 22,89 | 211.641,99 | 4.097 | - | - | - | 0,0112 |
| alfaceorg entr | 22,89 | 273.325,71 | 4.097 | - | - | - | 0,0346 |
| goiabaorg | 35,00 | 229.774,15 | 4.445 | - | - | - | 0,2806 |
| mamaoorg | 35,00 | 328.992,64 | 7.455 | - | - | - | 0,3388 |
| limaoorg | 35,00 | 3.269.838,49 | 4.550 | - | - | - | 0,2828 |
| repolhoorg | 36,75 | 448.918,18 | 5.770 | - | - | - | 0,0189 |
| repolhoorg entr | 36,75 | 556.562,81 | 5.770 | - | - | - | 0,0519 |
| feijao | 40,76 | 55.381,46 | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | 0,1089 |
| feijao entr | 40,76 | 85.535,29 | 3.098 | 203,81 | 19,00 | 19,20 | 0,2415 |
| tomate | 41,69 | 136.913,26 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,069 |
| tomate entr | 41,69 | 256.984,91 | 15.298 | 1.125,50 | 58,36 | 59,48 | 0,1667 |
| pimentao | 44,70 | 857.897,76 | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | 0,04 |
| pimentao entr | 44,70 | 1.086.420,34 | 8.582 | 1.564,50 | 62,58 | 64,14 | 0,1168 |
| feijaoorg | 73,59 | 82.621,01 | 6.402 | - | - | - | 0,1967 |
| feijaoorg entr | 73,59 | 129.639,41 | 6.402 | - | - | - | 0,4359 |
| tomateorg | 97,27 | 401.415,87 | 40.462 | - | - | - | 0,1611 |
| tomateorg entr | 97,27 | 628.087,30 | 40.462 | - | - | - | 0,389 |
| pimentaoorg | 104,30 | 1.973.345,91 | 22.112 | - | - | - | 0,0933 |
| pimentaoorg ent | 104,30 | 2.431.469,25 | 22.112 | - | - | - | 0,2724 |
| banana | 105,75 | 1.498.908,50 | 22.525 | 740,25 | 74,03 | 74,77 | 1,3096 |
| bananaorg | 246,75 | 3.956.501,88 | 59.467 | - | - | - | 3,0556 |
| TOTAL | 1.537,50 | 21.195.490,22 | 337.302 | 7.586,06 | 463,61 | 471,20 | 8,1515 |

Como podemos observar na Tabela 145, a maximização da receita líquida, a maximização da mão-de-obra e a minimização da adubação e defensivos químicos tiveram como resultados: uma receita líquida de R\$ 21.195.490 (quase igual ao cenário C1H2, que maximiza receita líquida), uma alocação de mão-de-obra de 337.302 (1.006 diárias a menos que o cenário C2H2, que maximiza mão-de-obra) e um uso de adubos e defensivos químicos de 471,20 toneladas.

As culturas da banana (orgânica e convencional), limão (orgânico e convencional), pimentão orgânico (safra e entressafra), pimentão convencional (safra e entressafra), e tomate orgânica entressafra foram as que geraram maior receita líquida.

No Gráfico 130, temos a distribuição das culturas por área plantada.

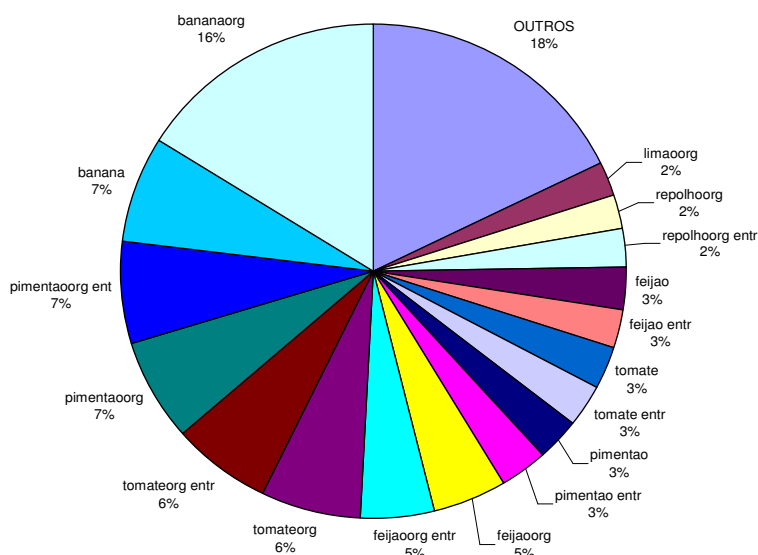


Gráfico 130 - Culturas alocadas por área plantada.

No Gráfico 131, temos a distribuição por receita líquida em reais.

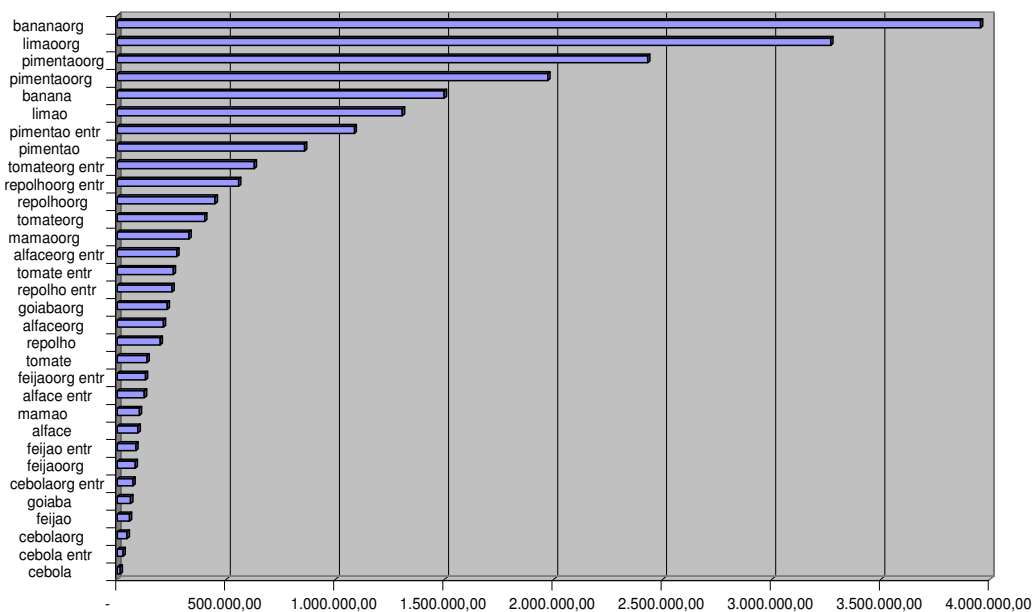


Gráfico 131 - Culturas com maior receita líquida.

7.3.3.7.3 Índices de desempenho das áreas irrigadas no cenário C7H2

O desempenho potencial da área irrigada pelo reservatório (Tabela 146) é analisado pelos indicadores FRA, FRI, RGC, FMA e CUI.

Tabela 146 - Indicadores de desempenho das áreas irrigadas no Cenário C7H2.

| FRA | FRI | RGC | FMA | CUI |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1,3299 | 1,4181 | 0,7052 | 0,322113 | 0,7983 |

O FRA indicou que, em média, a quantidade de água entregue nas parcelas foi de 33% maior que o requerimento hídrico das culturas. O FMA indicou que foram fornecidos 0,322113 litros por segundo para produzir um hectare de área cultivada. O FRI indicou que foi gasto 42% mais que o requerimento hídrico suplementar da cultura. O RGC foi de 71%, que indica a eficiência do nível tecnológico da infra-estrutura de irrigação do projeto (alocou mais área nas culturas que usaram gotejamento e micro-aspersão, com eficiências de aplicação de 95% e 75%, respectivamente). A capacidade de uso das instalações (CUI), que é a relação de área irrigada e área total do perímetro ficou em torno de 80%.

7.3.3.8 Resumo dos cenários da proposta integrada do manejo convencional e manejo orgânico simultâneo (mix de culturas)

Hipótese 2: com o incremento de 20% de mão-de-obra

Na Tabela 147, temos um resumo dos totais gerais de cada cenário em relação a agricultura por cenários, área plantada (ha), receita líquida (R\$), mão-de-obra (homens/dia), e vazão para a cultura (QirrCultura em hm³).

Tabela 147 - Cenários da proposta integrada com 20% de incremento de mão de obra (Totais – Insumos/ano).

| Culturas | Area Plant (ha) | Rec.Liq (R\$) | Mao-de-Obra (H/D) | Defensivos (kg) | Adubacao (T) | Adub+Def (T) | QirrCultura (hm ³) |
|----------|--------------------|------------------|----------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| C1H2 | 1.020 | 21.327.559,51 | 332.962 | 12.437,47 | 734,53 | 746,97 | 8,1516 |
| C2H2 | 1.020 | 20.983.023,12 | 338.307 | 7.586,11 | 463,61 | 471,20 | 8,1638 |
| C3H2 | 320 | 6.697.234,19 | 108.279 | - | - | - | 2,5172 |
| C4H2 | 1.020 | 21.195.490,54 | 337.302 | 7.586,07 | 463,61 | 471,20 | 8,1500 |
| C5H2 | 1.020 | 21.195.490,96 | 337.302 | 7.586,06 | 463,61 | 471,20 | 8,1515 |
| C6H2 | 1.020 | 20.983.799,00 | 338.309 | 7.586,06 | 463,61 | 471,20 | 8,1639 |
| C7H2 | 1.020 | 21.195.490,22 | 337.302 | 7.586,06 | 463,61 | 471,20 | 8,1515 |

Como podemos observar na Tabela 147, a maior receita líquida foi de R\$ 21.327.559 obtida no cenário C1H2 (cujo objetivo era de maximizar a receita líquida), tendo valores muito próximos nos cenários C4H2 (cujo objetivo era de maximizar a receita líquida e maximizar a mão-de-obra), C5H2 (cujo objetivo era de maximizar a receita líquida e minimizar a adubação e defensivos químicos) e C7H2 (cujo objetivo foi de maximizar a receita líquida, maximizar a mão-de-obra e minimizar a adubação e defensivos químicos).

A alocação máxima de mão-de-obra foi de 338.308 homens/dia ocorreu nos cenários C2H2 (cujo objetivo era de maximizar a mão-de-obra) e no cenário C6H2 (cujo objetivo era de maximizar a mão-de-obra e minimizar a adubação e defensivos químicos). As áreas máximas foram geradas em quase todos os cenários, exceto no cenário C3H2 (cujo objetivo foi de minimizar a adubação e defensivos químicos).

O uso de adubação e defensivos químicos mínimos esteve presente em quase todos os cenários, exceto o cenário C3H2 (que minimizar a adubação e defensivos químicos).

7.4 Considerações finais sobre os cenários de manejo convencional, manejo orgânico e mix de culturas

Em relação a receita líquida, a melhor relação Reais por hectare apresentou o valor de R\$ 20.043 R\$/ha por ano no cenário de manejo convencional. Já no manejo orgânico, com 0% de incremento de mão-de-obra, obtivemos a relação de Reais por hectare de R\$ 21.716 R\$/ha por ano e no manejo orgânico com 20% de incremento de mão-de-obra obtivemos o valor de 21.090 R\$/ha por ano. No mix de culturas, a melhor relação Reais por hectare foi de 21.280 R\$/ha por ano com 0% de incremento de mão-de-obra e com 20% de incremento de mão-de-obra obtivemos o valor de R\$ 20.909 R\$/ha por ano. Com isso, conclui-se que o manejo orgânico teve uma maior rentabilidade que o manejo convencional.

Observou-se que na maximização da receita líquida, o manejo orgânico teve uma maior rentabilidade, cerca de 22.150.053 Reais por ano enquanto o manejo convencional apresentou um máximo de 20.443.889 Reais por ano.

Verificou-se também que na maximização de mão-de-obra, o manejo orgânico teve uma melhor alocação que o manejo convencional gerando 350.135 homens/dia (diárias) por ano, significando, em média, um acréscimo, em média, de aproximadamente 16% a mais de empregabilidade.

Em relação a adubação química e agrotóxicos, no manejo convencional teve-se o uso de uma grande quantidade, em média, cerca de 1.300 Toneladas/ano de adubação química e 22 Toneladas/ano de aplicação de agrotóxicos. No mix de culturas chegamos a ter em média 500 Toneladas/ano de adubação química e 8,7 Toneladas/ano de aplicação de agrotóxicos, gerando, em média, uma receita líquida 5% a mais que o manejo convencional.

8. Conclusões

Este trabalho mostrou, através de análise multiobjetivo, resultados para cenários da agricultura convencional e da agricultura orgânica. Foram observados, tendo como base os dados utilizados, que a agricultura de manejo orgânico tem uma melhor relação custo/benefício em relação a agricultura convencional.

Foram elaborados 3 tipos de situações: uma que contemplava o manejo convencional, outra que contemplava o manejo orgânico e finalmente uma que contemplava um mix de culturas (orgânico e convencional simultâneos e concorrendo pelas mesmas áreas) com os critérios multiobjetivos de: maximizar receita líquida, maximizar a mão-de-obra e minimizar a adubação e defensivos químicos.

Os seguintes aspectos multiobjetivos foram encontrados:

No Manejo orgânico em relação ao manejo convencional:

Em grande parte dos cenários a relação Reais/ha é maior com o manejo orgânico em relação ao manejo convencional (cerca de 6% a mais). Com relação a alocação de mão-de-obra o manejo orgânico alocou em média 15% a mais de homens/dia (diárias) em relação ao manejo convencional. Foi verificado que a média de adubação química usada no manejo convencional atingiu um valor bem alto, ficando em torno de 1.300 toneladas/ano assim como a média aplicada de defensivos químicos usado no manejo convencional ficou em torno de 22 toneladas/ano. As culturas mais rentáveis para ambos os manejos, foram: banana, limão, pimentão, tomate e repolho.

Foi verificado que ao incrementar em 20% a mão-de-obra para o manejo orgânico, a receita líquida teve um decréscimo em torno de 3%.

No MIX de culturas:

Foi verificado uma preferência bem maior para culturas de manejo orgânico. Em relação a área cultivada, 69% da área foi alocada para o manejo orgânico e 31% para o convencional. Em relação a receita líquida, no mix tivemos 5% de lucratividade a mais que nos cenários de manejo convencional,

distribuídos em 69% da receita líquida proveniente das culturas de manejo orgânico e apenas 31% com culturas de manejo convencional. Na mão-de-obra, cerca de 70% foi alocada para as culturas de manejo orgânico e 30% para as culturas de manejo convencional. A média de adubação química usada no MIX foi de 500 toneladas, ou seja, cerca de 2,6 vezes a menos que nos cenários de manejo convencional e a média de defensivos químicos usado no MIX ficou em torno de 8,7 Toneladas, cerca de 2,5 vezes a menos que nos cenários de manejo convencional. As culturas mais retáveis foram: banana, limão, pimentão, tomate e repolho (orgânico e convencional).

Foi verificado que ao incrementar em 20% a mão-de-obra para o manejo orgânico, a receita líquida teve um decréscimo em torno de 2,5%.

O comportamento do sistema do reservatório Epitácio Pessoa

O sistema, por receber uma série com muita oferta de água, não apresentou falhas, apresentando uma sustentabilidade de 100%. O volume médio do reservatório foi de aproximadamente 370 hm³/mês, onde o volume máximo do reservatório é de 411 hm³. As demandas de abastecimento humano e irrigação foram atendidas satisfatoriamente para a série fornecida (10 anos).

A eficiência no uso da água:

A potencialidade do reservatório só foi ativada em 17% para as demandas, o que é pouco, em relação ao uso da área total da bacia. Apenas 24% do potencial hídrico da bacia estudada, no período de 10 anos, esteve disponível para o uso (o resto foi perdido por evaporação e vertimento).

Os índices de sustentabilidade de operação do reservatório:

Foi verificado um vertimento anual muito alto (67%), o uso de água para atender as demandas ficou em torno de 17% do total das afluências, que é um índice baixo (tem muita água no reservatório). Tivemos uma média de 18% de evaporação no reservatório, que é um valor considerável, mas na faixa dos reservatórios do nordeste. Os índices nos mostraram que a bacia de contribuição tem uma grande relevância no volume do reservatório.

Os indicadores de desempenho das áreas irrigadas:

Nestes indicadores, foi verificada uma certa perda de água na distribuição e aplicação. Só foi utilizado apenas 70% da água fornecida para a irrigação (RGC). Em relação a aplicação de água na irrigação, é fornecido 34% a mais que a cultura necessita (FRA =1,34).

9. Referências

ABREU, ROSAMÉLIA. **Brasil tem a 2ª maior área de agricultura orgânica no mundo.** Clipping, Agência Brasil. 2009. Disponível em: <<http://www.brasiloeste.com.br/noticia/1424/agricultura-organica>>. Acesso em: 07 de abril de 2009.

ADASA – AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS E SANAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. **Consumo médio diário de água para atendimento as necessidades hídricas.** Documento técnico. Brasília, DF. 2007.

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **Dados mensais de volumes do reservatório Epitácio Pessoa – Boqueirão.** 2008. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em: 27 de junho de 2008.

AIAB – ASSOCIAÇÃO DOS IRRIGANTES DO AÇUDE BOQUEIRÃO. **Cadastro dos irrigantes.** 2008. Documento não publicado.

AKIBA, F.; CARMO, M. G. F.; RIBEIRO, R. L. **As doenças infecciosas nas lavouras dentro de uma visão agroecológica.** Ação Ambiental, Viçosa, n. 5, p. 30-33. 1999.

ALCÂNTARA, FÁVIA; MADEIRA, NUNO. **Manejo do Solo.** In: Gilmar Paulo Hens; Flavia Aparecida Alcantara; Francisco Vilela Resende. (Org.). **PRODUÇÃO ORGÂNICA DE HORTALIÇAS.** Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2007, v. 1, p. 43-59.

ALENCAR, VLADIMIR COSTA; MOTA, JOSÉ CARLOS; SANTOS, VALTERLIN; VIEIRA, ALLAN SARMENTO, CURI, WILSON FADLO. **Multi-Objective Comparative Analysis between an Organic Production System and a Conventional Production System.** CIGR Section V International Symposium “Technology and Management to Increase the Efficiency in Sustainable Agricultural Systems”, Rosario, Argentina. 2009.

ALTIERI, M. A. **AGROECOLOGIA: as bases científicas da agricultura alternativa.** Projeto Tecnologias Alternativas - FASE. Rio de Janeiro. 1989. 237p.

ALTIERI, M.C.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C.I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas.** Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226p. Anais do seminário de agricultura orgânica & familiar. Sistema de produção: sustentabilidade para a agricultura familiar. Cati Edições. 169p. Campinas. 2001.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA. **Nota Técnica para divulgação dos resultados do PARA de 2008.** Brasília, 15 de abril de 2009. 12 p. Acesso em 22 de abril de 2009. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2009/pdf/150409_para.pdf>.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA. **O papel da ANVISA na avaliação e controle dos agrotóxicos.** Brasília, 18 de outubro de 2005. 38 p. Acesso em 28 de abril de 2009. Disponível em:

<http://www.ibama.gov.br/qualidadeambiental/madeira/apresentacao/Papel_AN_VISA_avaliacao_controle_desses_produtos.pps>.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Agrotóxicos: Brasil é referência na América Latina**. Notícias da Anvisa. Ascom – Assessoria de Imprensa da ANVISA. Brasília, 09 de dezembro de 2008. 12 p. Acesso em 28 de abril de 2009. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2008/091208_link.htm>.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Sistema de Informação sobre Agrotóxicos – SAI**. 2008. Disponível em: <http://anvisa.gov.br/toxicologia/banco.htm>. Acesso em: 01 de julho de 2008.

AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **AGROECOLOGIA: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2005.

ARAGÃO, TALITA GABRIELLE. **Sinergia e Sustentabilidade na bacia do Rio Paraíba utilizando-se o modelo de rede de fluxo Acquanet**. Dissertação de Mestrado. Curso de pós-graduação em engenharia civil. Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba. 2008.

ASSAD, E. D. **Sistemas de Informações Geográficas – Aplicações na Agricultura**. EMBRAPA. Brasília, DF. 1994.

ASSAD, E. D; ROMANI, L.A.S; EVANGELISTA, S.R.M.; OTAVIAN, A.F.; PINTO, H.S.; MONTAGNER, A.J. **Integração e análises estatísticas de dados pluviométricos para monitoramento de culturas**. V congresso Brasileiro de Agroinformática, SBI-AGRO. Londrina, 28 a 30 de Setembro de 2005.

ATLAS DE DESENVOLVIMENTO HUMANO/PNUD. 2000.

AYALA, R. ; BECERRA, A.; IRIBARNE, L.F.; BOSCH, A.; DÍAZ, J.R. **GIS System as a Decision Support Tool for Agricultural Planning in Arid Zones of Spain**. Technical Report. 1996.

BAASCH, S.S.N. **A tomada de decisão e a complexidade dos sistemas ambientais**. Trabalho apresentado no programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, SC. 1990.

BARBOSA, PAULO S. F. **Modelos de programação linear em recursos hídricos**. In: Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Organizado por Rubem La Laina Porto. 2ª Edição. Editora da UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS. 2002. 420p.

BARBOSA, DAYSE LUNA. **A exploração de um sistema de reservatórios: uma análise otimizada dos usos e objetivos múltiplos na bacia do rio Capibaribe-PE**. UFCG. Programa de Doutorado Temático em Recursos Naturais. Tese de Doutorado. Campina Grande, PB. 258p. 2008.

BARBOSA, PAULO S. F. **Modelos de programação linear em recursos hídricos**. In: Técnicas Quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Organizado por Rubem La Laina Porto [et al.]. – 2. ed. – Porto Alegre:

Editora da UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos. p 97-163. 2002.

BAZZANI, G.M. **An integrated decision support system for irrigation and water policy design: DSIRR**. Environmental Modelling & Software 20. p 153-163. 2005.

BAZZANI, G.M; DI PASQUALE, S.; GALLERANI,V.; MORGANTI, S.; RAGGI, M.; VIAGGI, D. **The sustainability of irrigated agricultural systems under the Water Framework Directive: first results**. Environmental Modelling & Software 20. p 165-175. 2005.

BBC. **The legacy of Agent Orange**. BBC NEWS. 2005. Last Updated: Friday, 29 April 2005, 14:57 GMT 15:57 UK. Disponível em: <http://www.hsw.uol.com.br/framed.htm?parent=herbicida-agente-laranja.htm&url=http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/4494347.stm>. Acesso em: 12 de julho de 2009.

BECKER, L., YEH, W. W-G., **Optimization of real time operation of multiple reservoir systems**. Water Resources Research, v.10, n^o 6, p.1107-1112. 1974.

BELTRÃO, BRENO AUGUSTO; MORAIS, FRANKLIN; MASCARENHAS, JOÃO DE CASTRO; MIRANDA, JORGE LUIZ FORTUNATO; SOUZA JUNIOR, LUIZ CARLOS; MENDES, VANILDO ALMEIDA. **Diagnóstico do município de Alagoa Nova**. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. CPRM - Serviço geológico do Brasil / PRODEEM. Recife. 2005a.

BELTRÃO, BRENO AUGUSTO; MORAIS, FRANKLIN; MASCARENHAS, JOÃO DE CASTRO; MIRANDA, JORGE LUIZ FORTUNATO; SOUZA JUNIOR, LUIZ CARLOS; MENDES, VANILDO ALMEIDA. **Diagnóstico do município de Remígio**. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. CPRM - Serviço geológico do Brasil / PRODEEM. Recife. 2005b.

BELTRÃO, BRENO AUGUSTO; MORAIS, FRANKLIN; MASCARENHAS, JOÃO DE CASTRO; MIRANDA, JORGE LUIZ FORTUNATO; SOUZA JUNIOR, LUIZ CARLOS; MENDES, VANILDO ALMEIDA. **Diagnóstico do município de Lagoa Seca**. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. CPRM - Serviço geológico do Brasil / PRODEEM. Recife. 2005c.

BENGTSSON, JANNE; AHNSTRÖM, JOHAN; WEIBULL, ANN-CHRISTIN. **The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis**. Department of Ecology and Crop Production Science, Section for Landscape Ecology, SLU. Uppsala, Sweden. Journal of Applied Ecology. 2005. número 42. p 261–269.

BNB – Banco do Nordeste do Brasil. **Agenda do produtor rural 2008**. Ambiente de gestão dos serviços de logística. Fortaleza. CE. 271p. 2008a.

BNB – Banco do Nordeste do Brasil. **Planilha de orçamentos agrícolas 2008**. Disponível em meio digital. Campina Grande. PB. 2008b.

BONCZEK; R. H., HOLSAPPLE, C.W, WHINSTON, A. B. **Future directions for developing Decision Support Systems**. Decision Sciences, 11, n^o 4, p 616-631. 1980.

BRAGA, B.; BARBOSA, P.S.F.; NAKAYAMA, P.T. **Sistemas de suporte à decisão em Recursos Hídricos**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 3. n. 3. Jul/Set. p 73-95. 1998.

BRAGA, B.P.F., BARBOSA, P.S.F. **Otimização da operação em tempo real de um sistema de reservatórios múltiplos**. Revista Latino-Americana de Hidráulica, v.1, n.1, p. 105-120, São Paulo. 1987.

BRAGA, BENEDITO; GOBETTI, LUCAS. **Análise Multiobjetivo**. In: Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos. 2ª Edição. Editora da Universidade/UFRGS– ABRH. Porto Alegre. 2002. pags. 361-420.

BRITO, R.A.L.; SOARES, J.M.; CAVALCANTI, E.B.; BOS, M.G. **Irrigation performance assessment for Nilo Coelho Scheme in Northeastern Brazil: A preliminary analysis**. In: AFRO-ASIAN REGIONAL CONFERENCE, 10, Bali. Proceedings... Bali:ICID. v. II-A, A13.1-7. 1998.

BRUINSMA, JELLE. **World agriculture: towards 2015/2030, An FAO perspective**. Earthscan Publications Ltd. London, UK. Copyright © Food and Agriculture Organization (FAO), 2003. ISBN: 92 5 104835 5 (FAO paperback). Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4252e/y4252e.pdf>. Acesso em: 30 de abril de 2009.

BURG, INÊS CLAUDETE; MAYER, PAULO HENRIQUE. **Alternativas ecológicas para prevenção de pragas e doenças**. 30ª Edição. Francisco Beltrão. PR. Grafite Gráfica e Editora Ltda. 2006. 153p.

BURONFOSSE, T.; BURONFOSSE, F. **Intoxications des carnivores domestiques par lês inhibiteurs des cholinestérases**. Recueil de Médecine Vétérinaire: spécial toxicologie des carnivores domestiques. 135-141. 1995.

BURTON, M.A.; KIVUMBI, D.; EL-ASKARI, K. **Opportunities and constraints to improving irrigation water management: Foci for research**. Agricultural Water Management 40. 37-44. 1999.

CABRAL, P. C. B. **Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão: O Sistema de Apoio ao Licenciamento da Direcção Regional do Ambiente de Alentejo**. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico. Universidade de Lisboa. 2001.

CAGEPA - Companhia de Água e Esgoto da Paraíba. **Demandas dos consumos mensais do açude de Boqueirão**. Gerência da Divisão Controle Operacional, Regional Borborema. Documento não publicado. Campina Grande. Paraíba. 2007.

CARLSSON, C.; TURBAN, E. **DSS: directions for the next decade**. Decision Support Systems 33. 105–110. 2002.

CAVALCANTI, C. **Org. Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas**. 2.ed. São Paulo: Cortez, 2001.

CELESTE, A. B. **Determinação e análise de indicadores de desempenho e de sustentabilidade de seis açudes na bacia do rio Piancó-PB e de suas potenciais demandas**. Campina Grande: UFCG – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos, Dissertação de Mestrado. 2006.

CHARBOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da Trofobiose**. Porto Alegre. L & PM. 1987. 256p.

COCCO, P. **On the rumors about the silent spring: review of scientific evidence linking occupational and environmental pesticide exposure to endocrine disruption health effects**. *Cardernos de saúde pública*, 18(2): 379-402, 2002.

COHON, J. L.; MARKS, D. H. **A Review and Evaluation of Multiobjective Programming Techniques**. *Water Resources Research*, v. 11, n. 2. p. 208-220. 1975.

CRISTOPHER, L.L.; KRAFT, S.E.; BEAULIEU, J.; BENNETT, D.; LOFTUS, T.; NICKLOW, J. **Using GIS-Based ecological-economic modeling to evaluate policies affecting agricultural watersheds**. *Ecological Economics* 55. p 467-484. 2005.

CROSSLAND, M.D.; WYNNE, B.E.; PERKINS, W.C. **Spatial decision support systems: An overview of technology and a test of efficacy**. *Decision Support Systems* 14. p 219-235. 1995.

CURI, R.; CURI, W.; OLIVEIRA, M. B. A. **Análise de Alterações na Receita Líquida no Semi-Árido sob Condições de Variações Hídricas e Econômicas**. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Volume 9, n 3. Jul/Set, p 39-53. 2004.

CURI, W. F.; CURI, ROSIRES CATÃO . **CISDERGO: Cropping and Irrigation System Design with Reservoir and Groundwater Optimal Operation**. In: V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Aracajú - SE. Anais em CD-ROM, 2001. v. 1. p. 1-20. 2001a.

CURI, W. F.; CURI, ROSIRES CATÃO. **ORNAP: Optimal Reservoir Network Analysis Program**. In: V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Aracajú - SE. Anais do V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 2001. v. 1. p. 1-20. 2001b.

DAEE. **Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas**. São Paulo. Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. 116p. 2005.

DALROT, MOACIR R. Qualidade. In: Gilmar Paulo Hens; Flavia Aparecida Alcantara; Francisco Vilela Resende. (Org.). **PRODUÇÃO ORGÂNICA DE HORTALIÇAS**. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2007, v. 1, p. 213-226.

DANI, S. U. **Ecologia e Organização do Ambiente Antrópico**. Belo Horizonte, MG: Editora da Fundação Acangaú, 1994.

DENZER, R. **Generic integration of environmental decision support systems – state-of-the-art**. *Environmental Modelling & Software* 20. 1217–1223. 2005.

DNOCS - DEPARTAMENTO DE OBRAS CONTRA AS SECAS. **Açude Boqueirão de Cabaceiras**. Relatório Interno. Boqueirão, PB. 2008. págs 151-158.

DNOCS – DEPARTAMENTO DE OBRAS CONTRA AS SECAS. **Estudo de viabilidade ambiental do açude público Epitácio Pessoa**. João Pessoa. DNOCS/SCIENTEC. 2007.

DNOCS – DEPARTAMENTO DE OBRAS CONTRA AS SECAS. **Relatório Açude Boqueirão**. Campina Grande, 1963. 8p.

EMATER – EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Cadastro dos irrigantes**. 2008. Documento não publicado.

ENERGISA. **Conta de energia: Tarifas**. Energisa Paraíba - Distribuidora de Energia S/A. Disponível em: <<http://www.paraiba.energisa.com.br/Default.aspx?tabid=1118>>. Acesso em: 15 de maio de 2008.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATIONS OF THE UNITED NATIONS. **Food and Agriculture Statistics Global Outlook**. Prepared by the Statistics Division. June, 2006. Disponível em: <http://faostat.fao.org/Portals/_Faostat/documents/pdf/world.pdf>. Acesso em: acesso em 30 de abril de 2009.

FARIA, MAURO VELHO CASTRO. **Avaliação de ambientes de produtos contaminados por agrotóxicos**. IN: É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente. Frederico Peres (Org.). Editora FIOCRUZ. Rio de Janeiro, RJ. 2003. 384 p. Cap 1. Pags 177-209.

FERNANDES, M. C. A; RIBEIRO, R. L. D; AGUIAR-MENEZES, E. L. **Manejo ecológico de fitoparasitas**. In: Adriana Maria de Aquino; Renato Linhares de Assis (Org.). Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília. DF. 2005. 517p. p. 273-322.

FRANÇA, LUIZ. **Alimento orgânico avança no mundo - e também no Brasil**. 27 de março de 2009. Saúde. Veja.com. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia-saude/alimento-organico-avanca-mundo-brasil-429968.shtml>>. Acesso em: 07 de abril de 2009.

GALVÃO, C.O. **Parecer técnico sobre Ação Civil Pública No. 00.0017250-2: Abastecimento de Água do Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão)**. Campina Grande. UFCG. 2002.

GARCES-RESTREPO, CARLOS; VERMILLION, DOUGLAS; MUÑOZ, GIOVANNI. **Irrigation management Transfer - Worldwide efforts and results**. FAO WATER REPORTS 32. IWMI – INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE/ FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). Rome, Italy. 2007. ISSN 1020-1203. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/docs/wr32eng_web.pdf>. Acesso em: 23 de abril de 2009.

GARCIA, EDUARDO; ALVES, JOSÉ PRADO. **Aspectos de prevenção e controle de cidentes no trabalho com agrotóxicos**. São Paulo: Fundacentro, 2005. 52 p. ISBN: 85-98117-08-0.

GARG, N.K.; ABBAS, A. **Two level optimization model for Lower Indus Basin**. Agricultural Water Management 36. p 1-21.1998.

GOMES, H. P. **Engenharia de Irrigação Hidráulica dos Sistemas Pressurizados, Aspersão e Gotejamento**. Editora Universitária – UFPB, Campina Grande-PB, 3ª Edição. 412p. 1999.

GOODCHILD, M. F. **Environmental Modeling with GIS, The State of GIS for Environmental Problem-Solving**. Oxford, 1993.

GUO, L. S.; HE, Y.S. **Integrated Multi-criterial Decision Model: a Case Study for the Allocation of Facilities in Chinese Agriculture**. J. Agric. Eng Res 73. p 87-94. 1999.

HAJILAL, M.S.; RAO, N.H., SARMA. **Real time operation of reservoir based canal irrigation systems**. Agricultural Water Management 38. p 103-122. 1998.

HALL. A. W. **Priorities for irrigated agriculture**. Agricultural Water Management 40. 25-29. 1999.

HARKALY, ALEXANDRE. **Perspectivas da agricultura orgânica no mercado e o seu desenvolvimento**. Anais do Seminário de Agricultura Orgânica & Familiar. Sistema de Produção: Sustentabilidade para a Agricultura Familiar. Campinas. 2001. 169p.

HARMS, S.K; DEOGUN, J.; GODDARD, S. **Building Knowledge Discovery into a Geo-spatial Decision Support System**. ACM. 2003.

HASHIMOTO, T.; STEDINGER, J. R.; LOUCKS, D. P. **Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation**. Water Resoucers Research, 18(1), pp. 14-20. 1982.

HENZ, G. P.; ALCÂNTARA, F. A.; RESENDE, F. V. **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF. 2007.

HORNE, J. E.; MCDERMOTT, M. **The next green revolution: essential steps to a healthy, sustainable agriculture**. New York: Food Products Press, 2001. 312p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contagem da População segundo os Municípios da Paraíba**. 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 de junho de 2008.

IBGE. **Famílias por classes de rendimento médio mensal familiar**. Rio de Janeiro, RJ. Disponível on-line em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/indicadores_minimos/ /tabela3.shtm#a32. Acesso em Dezembro de 2002.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS. **Basic standards for organic production and processing**. Tholey-Theley, Alemanha, 2000. 68p.

JIRACHEEWEE, N.; ORON, G.; MURTY, V.V.N.; WUWONGSE, V. **Computerized database for optimal management of community irrigation systems in Thailand**. Agricultural Water Management 31. p 237-251. 1996.

JOSHI, M.B.; MURTHY, J.S.R.; SHAH, M.M. **CROSOWAT: A decision tool for irrigation schedule**. Agricultural Water Management 27. 203-223. 1995.

JUAN, J.A.; TARJUELO, J.M; VALIENTE, M.; GARCIA, P. **Model for optimal cropping patterns within the farm base don crop water production functions and irrigation uniformity I: Development of a decision model**. Agricultural Water Management 31. p 115-143. 1996.

KJELDSEN, T. R.; ROSBJERG, D., “**A framework for assessing the sustainability of a water resources system**” in **Regional Management of Water Resources**. Org. por Schumann, A. H., Acremann, A. C., Davis, D., Marino, M. A., Rosbjerg, D. e Jun, X., AHS Publ. 268, p.107-113. 2001.

KOIFMAN, SERGIO; HATAGIMA, ANA. **Exposição ao agrotóxicos e câncer ambiental**. IN: É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente. Frederico Peres (Org.). Editora FIOCRUZ. Rio de Janeiro, RJ. 2003. 384 p. Cap 4. Pags 75-99.

LABADIE, J. W. **Optimal Operation of Multireservoir Systems: State-Of-The-Art**. Review. Journal of Water Resources Planning and Management. v. 130. n. 2, p. 93-11. 2004.

LIS - Laboratório de Irrigação e Salidade. **Relatório de análise de solo de Boqueirão, PB**. Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, 2008.

LOCKERETZ, W.; BLOBAUM, R. **A comparasion of the production, economic, returns, and energy intensiveness of corn belt farms that do and do not use inorganic fertilizers and pesticides**. St. Louis, Wash. Univ/Contr. Biol. Nat. Syst., 1975.

MAGDOFF, FRED. **The World Food Crisis Sources and Solutions**. Monthly Review. 2009. Disponível em: <<http://monthlyreview.org/080501magdoff.php>>. Acesso em: 23 de abril de 2009. 19 p.

MALCZEWSKI, J.. **Spatial Decision Support Systems. NCGIA Core Curriculum in GIScience**. 1997 Disponível on-line em: <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u127/u127.html>, acesso em Setembro de 2006.

MARZALL, K. e ALMEIDA, J., **O Estado da Arte sobre Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas**. Seminário Internacional sobre Potencialidades e Limites do Desenvolvimento Sustentável, promovido pela Universidade Federal de Santa Maria (convênio UFSM-UNICRUZ-Mestrado em Extensão Rural). 1999.

MASCARENHAS, JOÃO DE CASTRO; BELTRÃO, BRENO AUGUSTO; SOUZA JUNIOR, LUIZ CARLOS; MORAIS, FRANKLIN; VANILDO ALMEIDA; MENDES, MIRANDA, JORGE LUIZ FORTUNATO. **Diagnóstico do município de Boqueirão**. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. CPRM - Serviço geológico do Brasil / PRODEEM. Recife. 2005.

MATEOS, L; LÓPEZ-CORTIJO, I.; SAGARDOY, J. A. **SIMIS: the FAO decision support system for irrigation scheme management**. Agricultural Water Management 56. 193–206. 2002.

MELPHI, J. A. **Curso de Gestão Ambiental**. Universidade de São Paulo. Núcleo de Informações em Saúde Ambiental da Universidade de São Paulo. Editora Manole. Barueri, SP. 2004.

MEYER, A.; SARCINELLI, P. N.; MOREIRA, J. C. **Are some Brazilian populations groups subject to endocrine disrupters?** Cadernos de saúde pública, 15(4):845-850, out.-dez. 1999.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2004. **Agronegócio Brasileiro: Uma Oportunidade de Investimentos**. Disponível em:<http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,968707&_dad=portal&_schema=PORTAL>. Acesso em: 12 de maio de 2009.

MIRA DA SILVA, L; PARK, J.R; KEATINE, J.D.H; PINTO, P.A. **A decision support system to improve planning and management in large irrigation schemes**. Agricultural Water Management 51. 187-201. 2001.

MOHAMMED, M; DAS GUPTA, A.; ONTA, R. P. **Optimal crop planning model for an existing groundwater irrigation project in Thailand**. Agricultural Water Management 33. p 43-62.1997.

MOLDEN, D.; SAKTHIVADIVEL, R.; PERRY, J. C.; FRAITURE, C.; KLOEZEN, H. W. **Indications for Comparing Performance of Irrigated Agricultural Systems**. Research Report 20. IWMI – International Water Management Institute. Colombo, Sri Lanka. 1998.

MOURAIN, S. **GIS Solutions in Natural Resource Management**. OnWord Press. USA. 1999.

NERY, MARCELO SANTOS. **Contaminação Por Adubos Químicos, porque não usá-los?** Apostila do curso de Engenharia Ambiental. UNIAMÉRICA – Faculdade União das Américas. Curitiba. PR. 2008. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/adubos-quimicos-ppt-a5270.html>>. Acesso em: 23 de abril de 2009.

NEVES, MARIA CRISTINA PRATA. **Agricultura orgânica na União Européia**. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L.. AGROECOLOGIA: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2005.

NGUYEN, M. L.; HAYNES, R. J. **Energy and labour efficiency for three pairs of conventional and alternative mixed cropping (pasture-arable) farms in Canterbury, New Zealand**. Agriculture, Ecosystems & Environment. Volume 52, Issues 2-3, February 1995, Pages 163-17.

OIT/OMS. **Comunicado conjunto – El número de accidentes y enfermedades relacionadas con El trabajo sigue aumentando**. OIT, 2005. Disponível em: <<http://www.ilo.org/public/spanish/bureau/inf/pr/2005/21.htm>>. Acesso em: 22 de abril de 2009.

OLHEAF, R.C. **Organic Agriculture**. New Jersey, Allanheld; Osmun and Co. Pub. Inc., Sd. 1978.

OLIVEIRA, J.A.; LANNA, A.E.L. **Otimização de um sistema de reservatórios atendendo a múltiplos usos no nordeste brasileiro**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.2, n.2, p.123-141, Jul/Dez. 1997.

OLIVEIRA, MAGDA LÚCIA FÉLIX; SILVA, ADAELSON ALVES; BALLANI, TANIMÁRIA SILVA LIRA; BELLASALMA, ANA CAROLINA MANNA. **Sistema de notificação de intoxicações: desafios e dilemas**. IN: É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente. Frederico Peres (Org.). Editora FIOCRUZ. Rio de Janeiro, RJ. 2003. 384 p. Cap 13. Pags 303-316.

OPS (Organização Pan-americana de Saúde). **Manual de vigilância da saúde de populações expostas a agrotóxicos**. Ministério da Saúde, Secretaria de

Vigilância Sanitária. Brasília: Organização Pan-americana de Saúde/OMS. 1996.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Codex Alimentarius Commission. **Alimentos producidos orgánicamente**. Roma, 2001. 77p.

ORMOND, J. G.P.; PAULA, S. R. L.; FAVARET FILHO, P.; ROCHA, L. T. M. **Agricultura orgânica: quando o passado é futuro**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 15, p 3-34, mar. 2002.

PAPAJORGJI, P.; SHATAR, T.M. **Using the Unified Modeling Language to develop soil waterbalance and irrigation-scheduling models**. Environmental Modelling & Software 19. 451–459. 2004.

PENTEADO, SÍLVIO ROBERTO. **Proteção de plantas na agricultura orgânica**. In: **Anais do seminário de agricultura orgânica & familiar**. Sistema de produção: sustentabilidade para a agricultura familiar. Cati Edições. 169p. Campinas. 2001. p. 59-76.

PERES, F. **É veneno ou é remédio? Os desafios da comunicação rural sobre agrotóxicos**. Dissertação de mestrado. Escola Nacional de Saúde Pública. FIOCRUZ. Rio de Janeiro. 1999.

PERES, FREDERICO; MOREIRA, JOSINO COSTA; DUBOIS, GAETAN SERGE. **Agrotóxicos, saúde e ambiente: um introdução ao tema**. IN: **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente**. Frederico Peres (Org.). Editora FIOCRUZ. Rio de Janeiro, RJ. 2003. 384 p. Cap 1. Pags 21-41.

PERINI, A.; SUSI, A. **Developing a decision support system for integrated production in agriculture**. Environmental Modelling & Software 19. p 821-829. 2004.

PHILIPPI, ARLINDO, ANDRADE, MARCELO, BRUNA, GILDA COLLET. **Curso de Gestão Ambiental**. Núcleo de Informações em Saúde Ambiental da Universidade de São Paulo. Editora Manole. Barueri, SP. 2004.

PINHEIRO, SEBASTIÃO; AURVALLE, ANGELA; GUAZZELLI, MARIA JOSÉ. **Agropecuária sem veneno**. L&PM editores. 2ª Edição. Porto Alegre. RS. 128p. 1985.

PORTO, R. L.L; AZEVEDO, L.G.T. **Sistemas de Suporte a decisões aplicados a problemas de recursos hídricos**. In: **Técnicas Quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos**. Organizado por Rubem La Laina Porto [et al.]. – 2. ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos. p 43-95. 2002.

PRIMAVESI, ANA MARIA. **Fundamentos de Agroecologia**. In: **Anais do Seminário de agricultura orgânica & familiar**. Sistema de produção: sustentabilidade para a agricultura familiar. 169p. pags 23-39. Cati Edições. Campinas, 2001.

PUCCINI, ABELARDO LIMA; PIZZOLATO, NELIO DOMINGUES. **Programação Linear**. 2ª Edição. Livros Técnicos e Científicos Editora. Rio de Janeiro, RJ. 1989. 250p.

RAFAELI NETO, S.L. **Sistemas de Apoio à Decisão Espacial: um contribuição à teoria em Geoprocessamento**. Universidade do Estado de Santa Catarina. Relatório Técnico. 2000.

RAMOS, M. M.; OLIVEIRA, R. A. **Irrigação em pequenas e médias propriedades**. Tecnologia e Treinamento Agropecuário. n 9. p 8. dez/jan 1998/1999.

RECA, J.; ROLDÁN, J.; ALCAIDE, M; LÓPEZ, R.; CAMACHO, E. **Optimization model for water allocation in deficit irrigation systems**. Agricultural Water Management 48. p 103-116. 2001.

RENAULT, D. **Re-engineering irrigation management and system operations**. Agricultural Water Management 47. pags. 211-226. 2001.

RESEARCH INSTITUTE OF ORGANIC AGRICULTURE (FIBL). **Information hub and statistics on organic agriculture**. All rights reserved. Last Update: 17.03.2009. Ackerstrasse, Postfach. Switzerland. 2009. Disponível em: <<http://www.fibl.org/en/switzerland/communication-advice/information-hub-statistics.html>>. Acesso em: 28 de junho de 2009.

RESENDE, Francisco Vilela; VIDAL, Mariane C. **Organização da propriedade**. In: Gilmar Paulo Hens; Flavia Aparecida Alcantara; Francisco Vilela Resende. (Org.). PRODUÇÃO ORGÂNICA DE HORTALIÇAS. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2007, v. 1, p. 43-59.

ROSINI, A. M. **Administração de Sistemas de Informação e a Gestão do Conhecimento**. São Paulo, SP: Pioneira Thomson, 2003.

RUDGREN, G. **Building trust in organics: a guide to set up certification programmes**. Tholey-Theley: Ifoam, 1998a. 150p.

RUDGREN, G. **Future perspectives for organic certification**. Palestra na IFOAM Scientific Conference, Mar del Plata, Grolink Papers & Studies, 1998b. Disponível em: <<http://www.grolink.se/studies/future.htm>>. acesso em 2002.

SALDANHA, NÚRIA. **Mercado de orgânicos ascende no Brasil e já movimentou US\$ 250 milhões**. Canal Rural. Disponível em: <<http://www.clicrbs.com.br/canalrural>>. 2008. Acesso em: Setembro de 2008.

SAMINÊZ, T. C O; DIAS, R. P; NOBRE, F. G. A.; GONÇALVES, J. R. A.; MATTAR, R. G. H. **Princípios Norteadores**. In: Gilmar Paulo Hens; Flavia Aparecida Alcantara; Francisco Vilela Resende. (Org.). PRODUÇÃO ORGÂNICA DE HORTALIÇAS. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2007, v. 1, p. 213-226.

SANTOS, JOSÉ GERALDO RODRIGUES; SANTOS, EMMANUELLY CALINA XAVIER RODRIGUES. **Agricultura Orgânica: Teoria e Prática**. Campina Grande. EDUEP. 2008. 230p.

SANTOS, V. S. **Um Modelo de Otimização Multiobjetivo para Análise de Sistemas de Recursos Hídricos**. Campina Grande: UFCG – Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental. 144p. Dissertação de Mestrado. 2007.

SBPC/Labjor. **Armas químicas e biológicas são antiga estratégia**. Revista eletrônica Ciência e Guerra. SBPC/Labjor, 2002. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/guerra/guerra03.htm>. Acesso em: 12 de julho de 2009.

SEMARH - SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E MINERAIS. **PDRH-PB. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba. Relatório Final de Diagnóstico.** Governo do Estado da Paraíba e. João Pessoa. Paraíba. 2001.

SEMARH - SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E MINERAIS. **PERH-PB – Plano Estadual de Recursos Hídricos. Resumo executivo e atlas.** Governo do Estado da Paraíba. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente; Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba. AESA. Brasília. DF: Consórcio TC/BR - Concremat. 2006. 112p.

SEMARH. **Levantamento Batimétrico do Açude Epitácio Pessoa - Boqueirão/ PB.** Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais – SEMARH. 2004.

SHEIBE, K. P.; CARSTENSEN JR, L.W.; RAKES, T.R.; REES, L.P. **Going the last mile: A spatial decision support system for wireless broadband communications.** Decision Support Systems 42. p 557-570. 2006.

SHIM, J.P.; WARKENTIN, M.; COURTNEY, J.F.; POWER, D. J.; SHARDA, R.; CARLSSON, C. **Past, present and future of decision support technology.** Decision Support Systems 33. pags 111-126. 2002.

SILVA, ARY VIEIRA. **A Sustentabilidade dos sistemas de Produção Orgânicos-Estudo de Caso da Fazenda Tamanduá.** Dissertação de Mestrado. Mestrado em Administração e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal Rural de Pernambuco. UFRPE. Brasil. 2005.

SILVA, F.C.; BERGAMASCO, A.F.; VENDITE, L.L. **Modelos de Simulação para análise e apoio à decisão em agrossistemas.** Relatório Técnico. Emprapa Informática Agropecuária. 1999.

SILVA, L. I. L.; STEPHANES, R.; JORGE, M.; TEMPORÃO, J. G.; CAPOBIANCO, J. P. R.; CASSEL, G. **Diário Oficial da União, Decreto nº 6323.** Publicado em 29 de dezembro de 2007. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/decreto6323.htm>>. Acesso em: março de 2008.

SILVA, R. S. **Decisão e Informática na Indústria.** FACEPA - PUC-CAMPINAS, Campinas, SP. 2001.

SILVEIRA, V.F. **Metodologia para modelagem de padrão da paisagem integrando Sistema de Informações Geográficas, Sensoriamento Remoto e Redes Neurais.** Tese de Doutorado, Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, SC. 1999.

SILVERMAN, JACOB. **Como funciona o agente laranja.** Traduzido por HowStuffWorks Brasil. HSW International, inc. Brasil. 2009. Disponível em: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/herbicida-agente-laranja.htm>. Acesso em: 12 de julho de 2009.

SIMON, H. A. **The new Science of management decision.** Harper & Row. New York. USA. 1960.

- SIMONOVIC, S. P. **Reservoir System Analysis: Closing Gap between Theory and Practice.** Journal of Water Resources Planning and Management. v. 118, n. 3, p. 262-280. 1992.
- SMITH, R. M.; THOMAS, N. J.; HULSE, C. **Application of brain cholinestrase reactivation to differentiate between organophosphorus and carbamate pesticide exposure in wild birds.** J Wildlife Diseases, 31(2): 263-267, 1993.
- SOUZA FILHO, F.A.; GOUVEIA., S.X. **Sistemas de Suporte às Decisões. Extraído do livro: Gestão das Águas – Princípios e Práticas.** Organizado por Nilson Campos e Ticianá Studart. Porto Alegre: ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos. p 91-112. 2001.
- SVENDSEN, M.; VERMILLION, D.L. **Irrigation management transfer in the Columbia Basin: lessons and international implications.** Research paper (IIMI). no. 12. CLDA (Sri Lanka). 113 p. 1994.
- TARJUELO, J.M.; JUAN, J.A.; VALIENTE, M.; GARCÍA, P. **Model for optimal cropping patterns within the farm based on crop water production functions and irrigation uniformity II: A case study of irrigation scheduling in Albacete, Spain.** Agricultural Water Management 31. 145-163. 1996.
- TRIGUEIRO, A. et al. **Meio ambiente no século 21: especialistas falam da questão ambiental em suas áreas de conhecimento.** Ed. Sextante. ISSN 85-7542-077-1. Rio de Janeiro, RJ. 2003.
- TURBAN, E., LIEBOWITZ, J. **Managing Expert Systems.** Ed. Idea Group Publishing. 1990.
- TURPIN, NADINE ET AL. **AgriBMPWater: systems approach to environmentally acceptable farming.** Environmental Modelling & Software 20. p.187-196. 2005.
- VIEIRA, V. P. P. B. **Recursos Hídricos e o Desenvolvimento Sustentável do Semi-árido Nordestino.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, no1, v.1, p.91-107. 1996.
- VIEIRA, ZÉDNA MARIA DE CASTRO LUCENA. **Metodologia de análise de conflitos na implantação de medidas de gestão da demanda de água.** Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em recursos naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba. 2008.
- WALKER, C. H et al. **Principles of Ecotoxicology.** Londres: Taylor & Francis. 1996.
- WHO (World Health Organization). **Public health impact of pesticides used in agriculture.** Genebra: World Health Organization, 1990.
- WHO/UNEP (World Health Organization/United Nations Environment Programme). **Public Health impact of pesticides used in agriculture.** Genebra. WHO/UNEP, 1990.
- WILLER, HELGA; KILCHER, LUKAS. (HRSG.) **The World of Organic Agriculture - Statistics and Emerging Trends 2009.** IFOAM, Bonn; FiBL, Frick; ITC, Geneva. 2009. Disponível em: <<http://www.organic-world.net/yearbook-2009.html>>. Acesso em: abril de 2009.

WORLD TRADE ORGANIZATION. United Nations Conference Trade and Development. International Trade Centre. **Organic food and beverages: word supply and major European markets**. Geneva, 1999. 271p.

WRI (World Resources Institute). **Intensification of agriculture: chemical inputs**. 1999. Disponível em: <<http://www.igc.org/wri/wr-98-99/agrichem.htm>>.

WURBS, R. A. **Comparative Evaluation of Generalized River/Reservoir System Models**. Technical Report n. 282. Texas Water Resources Institute. 2005.

YEH, W. W-G. **Reservoir management and operation models: A state-of-the-art review**. Water Resources Research, v.21, n. 12, p. 1797-1818. 1999.

ZEBARTH, B. J. **Improved manure, fertilizer and pesticide management for reduced surface and groundwater**. Canadá: The Pacific Agri-Food Research Centre. 1999. Disponível em: <<http://res.agr.ca/agassiz/studies/zebasdb.htm>>. Acesso em: 28 de abril de 2009.